

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

Studijní program: M3106 – Textilní inženýrství

Studijní obor: 3106 – Textilní technologie

HODNOCENÍ CHLUPATOSTI PŘÍZE
- ROZŠÍŘENÍ OPTICKÉ METODY

EVALUATION OF YARN HARINESS
– EXTENSION OF OPTICAL METHOD

Pavel Rippl

KTT

Vedoucí diplomové práce: Prof. Ing. Bohuslav Neckář, DrSc.

Konzultant: Ing. Gabriela Krupincová

LIBEREC 2007

Prohlášení

Prohlašuji, že předložená *diplomová (bakalářská)* práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušil autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním *diplomové (bakalářské)* práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou (*bakalářskou*) práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové (*bakalářské*) práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové (*bakalářské*) práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své diplomové (*bakalářské*) práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, dne 08. 01. 2007

.....

Podpis

Poděkování

Chtěl bych touto cestou poděkovat Prof. Ing. Bohuslavu Neckářovi DrSc. a Ing. Gabriele Krupincové za odborné vedení, cenné rady a připomínky, obětavý přístup a pomoc při řešení problémů.

Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům a přátelům za jejich podporu během celého mého studia.

Anotace

Tato diplomová práce se zabývá metodou měření chlupatosti příze pomocí obrazové analýzy Lucia s využitím mikroskopu a makroskopu za účelem prozkoumání možností této metody a jejím rozšířením.

Teoretická část této práce obsahuje základní informace o chlupatosti příze, o parametrech, které ji ovlivňují a také o teoretickém modelu chlupatosti. Dále jsou v ní popsány metody a přístroje používané pro měření chlupatosti příze.

V experimentální části je popsán princip měření chlupatosti příze pomocí obrazové analýzy včetně popisu jednotlivých metod, které byly použity pro vlastní experiment.

Diskuze k výsledkům měření je provedena na konci experimentální části.

Anotation

This diploma thesis deals with a method of measuring yarn hairiness by means of image analysis using microscope and macroscope for purpose of observing some scope of this method and its extension.

The theoretical part of this work includes some basic information on yarn hairiness and on some parameters, which it is influenced on. And also on a theoretical model of yarn hairiness. Next, the individual methods and instruments used for measuring of hairiness of yarn are described.

In the experimental part, the principle of measuring of yarn hairiness by means of image analysis including description of the individual methods which were applied for the very experiment. The results of the measurements are discussed at the end of the experimental part.

Klíčová slova

Chlupatost příze, index chlupatosti, optická metoda, průměr příze, vlákno

Key words

Yarn hairiness, hairiness index, optical method, yarn diameter, fiber

Obsah

| | |
|--|----|
| 1. Seznam zkratk a symbolů | 8 |
| 2. Úvod | 10 |
| 3. Teoretická část | 12 |
| 3.1 Teoretický model chlupatosti | 12 |
| 3.1.1 Pojem chlupatosti | 12 |
| 3.1.2 Oblast chlupatosti příze | 12 |
| 3.1.3 Pravděpodobnost výskytu vláken v oblasti chlupatosti | 15 |
| 3.1.4 Jednoduchý exponenciální model zaplnění a chlupatosti | 16 |
| 3.1.5 Dvojnásobný exponenciální model chlupatosti | 17 |
| 3.2 Faktory ovlivňující chlupatost | 19 |
| 3.2.1 Vlastnosti vlákenného materiálu | 19 |
| 3.2.2 Parametry příze | 20 |
| 3.2.3 Technologie výroby | 20 |
| 3.3 Měření chlupatosti příze | 24 |
| 3.3.1 Metody měření chlupatosti příze | 25 |
| 3.3.2 Vybrané přístroje pro měření chlupatosti | 26 |
| 4. Experimentální část | 38 |
| 4.1 Měření chlupatosti pomocí obrazové analýzy | 38 |
| 4.1.1 Princip měření chlupatosti systémem obrazové analýzy Lucia | 38 |
| 4.1.2 Postup nastavení parametrů pro měření (software Lucia) | 39 |
| 4.1.3 Prvotní zpracování obrazu | 41 |
| 4.1.4 Určení parametrů teoretického modelu chlupatosti | 43 |
| 4.1.5 Výpočet parametrů příze z teoretické křivky chlupatosti | 46 |
| 4.2 Vlastní experiment | 48 |
| 4.2.1 Experimentální materiál | 48 |
| 4.2.2 Popis zvolených experimentálních metod | 48 |
| 4.3 Hodnocení výsledků | 52 |
| 4.3.1 Hodnocení experimentálních křivek zčernání | 52 |
| 4.3.2 Hodnocení výsledků zvolených metod | 55 |
| 5. Závěr | 65 |
| 6. Literatura | 66 |

1. Seznam zkratk a symbolů

| | |
|-------------|--|
| C | parametr příze |
| C_i | multiplikační parametr i-tého typu chlupatosti |
| dl | úsek délky [mm] |
| d^* | zvětšený ekvivalentní průměr vlákna [mm] |
| dr | šířka elementárního intervalu [mm] |
| D | průměr příze [mm] |
| D_{cover} | průměr příze dle krycí konvence [mm] |
| D_{dens} | průměr příze dle hustotní konvence [mm] |
| h | parametr intervalu polovičního úbytku vláken [mm] |
| H | index chlupatosti ze zařízení Uster – Tester [-] |
| HA | index chlupatosti ze zařízení Keisokki Laserspot LST [-] |
| V | index chlupatosti ze zařízení BV Hairiness Tester [-] |
| i | index typu chlupatost a index veličin, příslušejících tomuto typu chlupat. [-] |
| I_{cover} | integrálová charakteristika dle krycí konvence [mm] |
| I_{dens} | integrálová charakteristika dle hustotní konvence [mm] |
| L | index délky ze zařízení BV Hairiness Tester [mm] |
| l_{max} | maximální délka staplových vláken [km] |
| m | počet vláken [-] |
| m_D | počet vláknenných úseků [-] |
| N | počet typů chlupatosti [-] |
| n_H | celkový počet vláken v oblasti chlupatosti [-] |
| obr. | obrázek |
| P | průhlednost příze ve vzdálenosti x [-] |
| p.ch. | počet chlupů |
| q | parametr popisující vnitřní strukturu příze [-] |
| r | obecný poloměr [mm] |
| $r_{1,2}$ | libovolný poloměr příze [mm] |
| r_{cover} | poloměr příze dle krycí konvence [mm] |
| r_D | poloměr příze [mm] |
| r_{max} | maximální poloměr příze [mm] |
| $S3$ | index chlupatosti ze zařízení Zweigle G567 [p.ch./100m] |

| | |
|---------------|---|
| T | jemnost příze [tex] |
| Z | zčernání, doplněk průhlednosti P [%] |
| φ | funkce poloměru [-] |
| λ | střední hodnota reciprokých kosínů úhlů [rad] |
| μ_{cover} | zaplnění na krycím průměru [-] |
| μ_{dens} | zaplnění na hustotním průměru [-] |
| σ | střední hodnota reciprokých kosínů úhlů [rad] |

2. Úvod

Chlupatost příze patří mezi významné parametry příze. Jako kvantitativní parametr byla prvně stanovena na začátku 50. let minulého století, avšak již předtím existovaly určité hrubé techniky pro její měření [1]. Zájem o měření a studování chlupatosti příze postupem času narůstal s dostupností jednotlivých přístrojů na trhu.

V praxi je důležité, aby měření chlupatosti bylo rychlé, jednoduchým způsobem prováděné, a aby získané hodnoty byly objektivní a reprodukovatelné. Z tohoto důvodu již čistě vizuální, subjektivní posouzení chlupatosti příze není postačující. Zejména pro výrobce přízí v přádelně a v dalších textilních procesech, které následují po předení je důležité znát míru chlupatosti zpracovávaných přízí.

Chlupatost příze významným způsobem ovlivňuje zpracovatelské i užité vlastnosti textilií. Zvýšená chlupatost, zejména vyšší počet dlouhých chlupů, je nevýhodou pro zpracovatele (zvýšená přetřhovost, neklidný vzhled hotové plošné textilie, žmolkovitost, nadměrná prašnost v přádelně, atd). Krátké konce a smyčky na povrchu příze jsou důležité a významně ovlivňují užité a zpracovatelské vlastnosti jako je hřejivost, jemnější a měkčí omak, sorbce (barviv, vody a zušlechťovacích prostředků), porozita, prodyšnost, propustnost vody a vodních par, nasákavost. V neposlední řadě umožňuje při nižší dostavě udržet hodnotu zakrytí tkanin na stejné úrovni, jako by měla tkanina tkaná z málo „chlupatých“ přízí o vyšší dostavě.

V současné době je na trhu k dispozici celá řada přístrojů pro měření chlupatosti příze, které se mezi sebou liší v principech jednotlivých měření. Výsledkem pak mohou být různé kumulativní indexy (přístroj Zellweger hairiness meter) či informace o distribuci jednotlivých délek odstávajících chlupů příze (např. zařízení Zweigle). Kromě metod používaných u těchto dvou přístrojů a přístrojů pracujících na podobném principu, lze chlupatost příze měřit např. i metodou pomocí obrazové analýzy. Tato metoda je zaměřena převážně na prozkoumání oblastí blízkých průměru příze, tj. vzdálenosti asi 0,05 – 0,4 mm od povrchu příze. Výhodou této metody je, že umožňuje vzájemně odlišit dva typy chlupatosti (krátká vlákna u povrchu příze a delší vlající vlákna). Zároveň lze sledovat jejich chování v závislosti na technologii výroby, materiálu a dalších parametrech. Získané hodnoty je možné porovnat s hodnotami naměřenými na přístroji Zellweger hairiness meter.

Cílem této diplomové práce je upravit stávající metodiku a rozšířit její oblast působení, tzn. prozkoumat možnosti této metodiky (vzdálenost, kterou je možné sledovat; zjistit vliv rozlišení a osvitu).

3. Teoretická část

3.1 Teoretický model chlupatosti

3.1.1 Pojem chlupatosti

Chlupatost je charakterizována množstvím volně pohyblivých konců vláken a vlákenných smyček vystupujících z příze nebo plošné textilie.

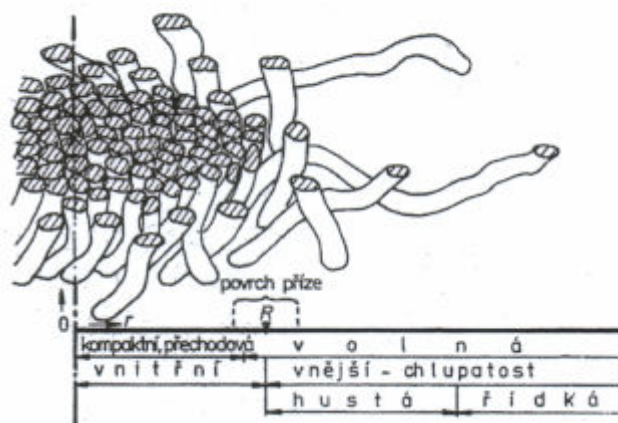
Kritériem pro posuzování chlupatosti je počet vláken vyčnívajících z těla příze a pozorování jejich délek kolmo k přízi [2].

3.1.2 Oblast chlupatosti příze

Vláknenný materiál je kolem osy příze silně stlačen, viz obr. 1. Jednotlivá vlákna k sobě přiléhají a v mnoha místech se navzájem dotýkají. Struktura příze je v této oblasti kompaktní. Materiál z této oblasti tvoří nosnou podstatu příze.

S rostoucím poloměrem nejprve zaplnění mírně klesá a přechází do struktury přechodové. Jeho hodnota se poté začne rychle snižovat, až překročí hranici volné struktury. Na větších poloměrech pak klesá stále povlovněji do prostoru, kde se jen tu a tam vyskytne osamocený konec vlákna. Tato vnější oblast je oblastí chlupatosti příze.

Oblast chlupatosti příze začíná na poloměru $r_d = \frac{D}{2}$



Obr. 1 Oblasti příze [2]

kde r_D je poloměr příze a jeho dvojnásobek $D=2r_D$ je průměr příze. Na druhé straně je největší poloměr r_{\max} , na kterém se ještě může vyskytovat vlákenný materiál, je dán součtem poloměru příze a maximální délky l_{\max} staplových vláken příze. [2]

Je zřejmé, že oblast chlupatosti začíná na poloměru příze a dále pokračuje přes oblast husté a řídké chlupatosti směrem od osy příze [3]. Ve vnější oblasti příze se vyskytují různé tvary převážně volných úseků vláken, jejichž hustota kontaktů je malá.

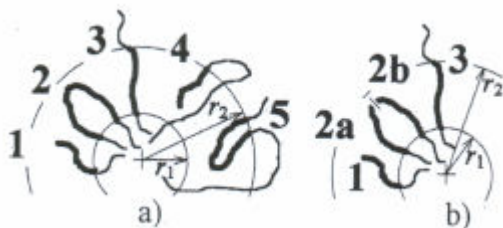
Hustá chlupatost

Hustou chlupatost charakterizuje tzv. mech, který přiléhá k vnitřní části příze. Tato chlupatost je žádoucí z hlediska užitných vlastností, zejména pak omaku, který je jemnější a měkčí, „chlupatější“, plošná textilie má vyšší zakrytí, tudíž lepší tepelně izolační vlastnosti, příze má také samotový vzhled.

Řídká chlupatost

Oblast izolovaných chlupů. Vyčnívající vlákna z příze, která jsou většinou pro další použití nežádoucí (zanesení tkacího stroje, zachycení jednotlivých chlupů o soukací nebo tkací části a s tím spojená přetrhovost příze). Dále ovlivňuje negativně i užité vlastnosti, u náročných bavlnářských tkanin, jako jsou např. popelíny, může způsobovat „neklidný“ vzhled hotové plošné textilie, je také důvodem vzniku žmolků. Lze ji odstranit opalováním příze, ale je třeba dbát, aby nebyla poškozena hustá chlupatost příze. Měří se počítáním chlupů v určitých vzdálenostech od povrchu příze, většinou ve vzdálenosti 1mm a více [4].

V oblasti chlupatosti, mezi zvolenými poloměry r_1 a r_2 , $r_D \leq r_1 \leq r_2 \leq r_{\max}$, lze pozorovat rozmanité typy vlákenných úseků. V pohledu ve směru osy příze jsou znázorněny na obr. 2. silnou čarou. Procházející úseky typu 3 protínají oba poloměry. Naproti tomu konce vláken 1 či 4 a obraty vláken 2 či 5 protínají jenom jeden poloměr a jejich počet na různých poloměrech je různý.



Obr. 2 Tvary vlákenných úseků [4]

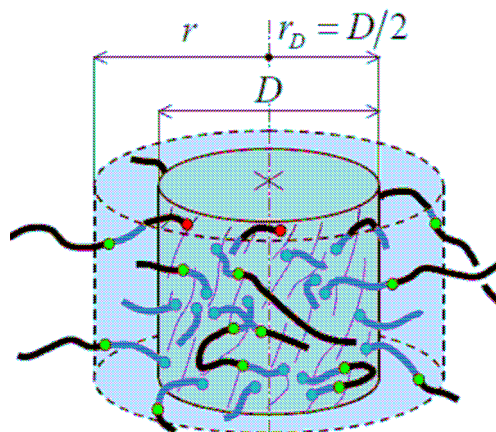
Tvarovou rozmanitost úseků dle obr. 2 je možné zjednodušit. Zvláštní vliv konců 4 a obrátů 5 lze zanedbat, poněvadž se vyskytují jen zřídka. Naproti tomu obraty 2 se vyskytují velmi často, zejména v okolí poloměru příze. Bývají to jakási uvolněná „ucha“ vláken, oběma konci zakotvená ve vnitřní části příze. Tyto úseky však lze myšleně rozetnout ve vrcholu způsobem naznačeným krátkou čarou na obr. 2. Obrat 2 je tak nahrazen úseky 2a, 2b, tj. dvojicí konců typu 1. Nyní se tedy uvažují mezi poloměry r_1 a r_2 jen úseky znázorněné na obr. 2.

Předchozí zjednodušující úvahy platí pro všechny možné dvojice poloměrů r_1 , r_2 . Každý uvažovaný úsek proto vychází z poloměru r_D , prochází rostoucími poloměry a končí na svém největším poloměru. Počet vlákenných úseků m_D , které vystupují z poloměru r_D , je současně počtem všech vlákenných úseků tvořící oblast chlupatosti.

Zkušenost ukazuje, že konce vláken jsou v oblasti chlupatosti rozloženy náhodně a polohy konců jednotlivých vláken se statisticky významně neovlivňují.

Z předchozích úvah vyplývají následující předpoklady: Vlákenné úseky tvořící oblast chlupatosti

- 1) jsou všechny zakotveny ve vnitřní části příze
- 2) vycházejí z poloměru příze r_D
- 3) každým poloměrem $r \geq r_D$ procházejí nejvýše jednou
- 4) jejich konce jsou rozmístěny náhodně a statisticky nezávisle



Obr. 3 Vláknenné úseky v oblasti chlupatosti [5]

Pro zjednodušení se zavádí terminologická konvence, že vláknenný úsek z oblasti chlupatosti přije od výchozího poloměru r_D až po jeho konec, se bude stručně nazývat „vlákno“ [3].

3.1.3 Pravděpodobnost výskytu vláken v oblasti chlupatosti

Obecným poloměrem $r \geq r_D$ prochází m vláken, poloměrem $r + dr$ prochází $m + dm$ vláken. Vzhledem k přijatému předpokladu musí být $m + dm \leq m$, tj. „přírůstek počtu vláken v uvažované diferenciální vrstvě je $dm \leq 0$, či „úbytek“ počtu vláken $(-dm) \geq 0$, viz obr. 4.



Obr. 4 Průchod vláken diferenciální vrstvou [5]

Diferenciálně malá pravděpodobnost, že konec vlákna, které prochází poloměrem r leží v elementárním intervalu $(r, r + dr)$ je $\varphi(r) dr$, kde $\varphi(r)$ je vhodná funkce poloměru a tudíž se mění s poloměrem r . Uvažovaný „úbytek“ počtu vláken lze vyjádřit vztahem

$$-dm = m\varphi(r) dr \quad (1)$$

Z poloměru přije $r = r_D$ vychází všech $m = m_D$ vláken tvořící oblast chlupatosti. V odvození uvedeném v [3] lze nalézt pro počet průchodů vláken

$$m = m_D \exp \left(- \int_{r_D}^r \varphi(t) dt \right) \quad (2)$$

a derivováním se získá hustota pravděpodobnosti rozložení konců vláken. Je zřejmé, že funkce $\varphi(r)$ musí být nezáporná.

3.1.4 Jednoduchý exponenciální model zaplnění a chlupatosti [3]

Uvažujme nejdříve jednoduchý model, který splňuje následující předpoklady:

- 1) Pravděpodobnost, že konec vlákna, které prochází poloměrem r , leží v elementárním intervalu $(r, r + dr)$ nezávisí na r . Platí $\varphi(r) = \varphi = \text{konstanta}$. Součástí tohoto předpokladu je i hodnota největšího poloměru oblasti chlupatosti $r_{\max} = \infty$, což znamená, že oblast chlupatosti se v tomto prostoru rozprostírá až do nekonečna.
- 2) Směrové uspořádání vláken v oblasti chlupatosti je náhodné a nezávisí na poloměru r .

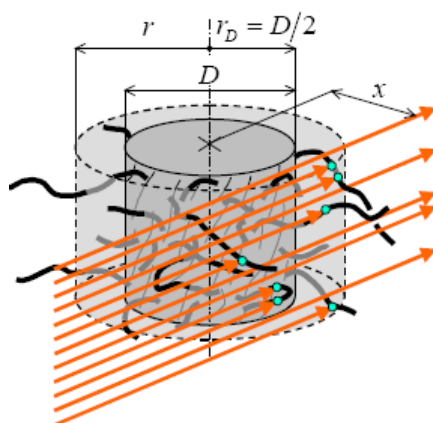
Uvažujme, že poloměrem r prochází m vláken, zatímco nějakým větším poloměrem $r + h$ prochází poloviční počet, tj. $m/2$ vláken. Pak z odvození uvedeném v [10] pro počet vláken platí

$$m = m_D \exp\left(-\frac{r - r_D}{h} \ln 2\right) = m_D 2^{\frac{r - r_D}{h}}. \quad (3)$$

kde parametr h je intervalem polovičního úbytku vláken, tzn., že vždy když zvětšíme poloměr o h , sníží se počet vláken m na polovinu.

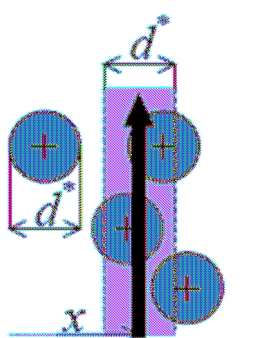
Průchod světelných paprsků mezi vlákny

Na obr. 5 je znázorněn průchod světelných paprsků mezi vlákny v oblasti chlupatosti příze.



Obr. 5 Průchod světelných paprsků mezi vlákny [5]

Aby světelný paprsek prošel ve znázorněném směru, nesmí mu stát v cestě žádná část dalšího vlákna. Žádné vlákno, tj. průsečík osy vlákna s řeznou rovinou, nesmí ležet blíže k přímce světelného paprsku, než je vzdálenost $d^*/2$ (podle zjednodušujícího předpokladu mají řezné plochy vláken tvar kruhu o průměru d^*), jinak vlákna zabrání světelnému paprsku k dalšímu průchodu (obr. 6).



Obr. 6 „Zachycení“ světelného paprsku vlákny [4]

Pravděpodobnost, že světelný paprsek kolem příze ve vzdálenosti x je dle odvození [3]

$$-\ln P = \frac{8hC}{\pi(d^*)^2 \ln 2} \left[\int_0^{\frac{\pi}{2}} 2^{\frac{x-d^*/2}{h \cos \alpha}} d\alpha - \int_0^{\frac{\pi}{2}} 2^{\frac{x+d^*/2}{h \cos \alpha}} d\alpha \right]. \quad (4)$$

3.1.5 Dvojnásobný exponenciální model chlupatosti [3]

Uvažujme, že oblast chlupatosti příze je tvořená vlákny z několika typů chlupatosti současně. Uvažujme následující předpoklady:

- 1) V oblasti chlupatosti se současně vyskytuje dva vzájemně nezávislé typy chlupatosti označených pořadovými čísly $i = 1, 2$.
- 2) Jedno vlákno se v celé své délce řídí zákonitostmi jen jednoho (obecně i -tého) typu chlupatosti.
- 3) Každý typ chlupatosti se řídí exponenciálním modelem, popsáním v předešlé kapitole. (Parametry příslušející jen i -tému typu chlupatosti budou označeny vpravo dole indexem i).

4) Všechny typy chlupatosti mají směrové rozložení vláken stejné, takže mají stejné hodnoty λ a σ i stejný průměr d^* .

Z odvození uvedeném v [3] vyplývá, že průhlednost P_i má význam pravděpodobnosti, že světelný paprsek v místě x projde mezi vlákny i -tého typu chlupatosti. Ovšem paprsek v daném místě projde jen opravdu tehdy, projde-li současně mezi vlákny všech typů chlupatosti [3].

$$-\ln P = \sum_{i=1}^N (-\ln P_i) = \frac{8}{\pi (d^*)^2 \ln 2} \sum_{i=1}^N \left(h_i C_i \left[\int_0^{\frac{\pi}{2}} 2^{\frac{x-d^*}{h_i \cos \alpha}} d\alpha - \int_0^{\frac{\pi}{2}} 2^{\frac{x+d^*}{h_i \cos \alpha}} d\alpha \right] \right). \quad (5)$$

Doplňkem průhlednosti je veličina, která byla nazvána zčernání. Je definována výrazem

$$Z(x) = 1 - P(x). \quad (6)$$

3.2 Faktory ovlivňující chlupatost

Chlupatost je mírou množství vláken vystupujících z povrchu příze. Mezi hlavní faktory ovlivňující chlupatost příze patří

- vlastnosti vlákenného materiálu
- parametry příze
- technologie výroby

3.2.1 Vlastnosti vlákenného materiálu

Tuhost v krutu a tuhost v ohybu

Hodnota chlupatosti se zvyšuje s rostoucí tuhostí v krutu a ohybu vláken zpracovávaného materiálu. Je to dáno vyšší odolností vláken vůči kroucení.

Délka vláken

Délka vláken významným způsobem ovlivňuje chlupatost vypředené příze. Tento fakt lze zjistit při porovnání mykané a česané příze. Mykané příze vykazují větší hodnoty chlupatosti než příze česané, což je dáno tím, že obsahují velké množství krátkých vláken. Kratší vlákna mají větší tendenci migrovat k povrchu příze a tvořit vystupující konce z příze.

Chlupatost může být snížena do jisté míry přidáním délsí a jemnější bavlny do směsi, avšak míra redukce chlupatosti není úměrná procentuálnímu vyjádření obsahu délsí a jemnější komponenty ve směsi. Může to být způsobeno přednostní migrací hrubší a kratší komponenty, která má délsí vystupující konce z příze. Přidáním odpadu (krátkých vláken vyloučených při česání) do směsi roste chlupatost příze.

Jemnost vláken

Chlupatost roste s jemností vláken, poněvadž hrubší vlákna kladou větší odpor vůči kroucení.

Stejnomořnost vláken

Bavlněné příze jsou méně chlupaté než staplové příze ze syntetických vláken, což může být dáno profilem obou druhů vláken. Vzhledem k tomu, že konce bavlněných vláken

nejsou úplně identické, těžší konec bavlněného vlákna má větší sklon migrovat k povrchu příze a následně tvořit vystupující konce vláken z příze. U syntetických vláken mají oba konce díky své stejnoměrnosti stejnou pravděpodobnost, že vystoupí na povrch příze.

Obloučkovitost

Příze vypředené z vlněných vláken o vyšší obloučkovitosti a vyšším stupněm zakřivení vykazují menší chlupatost, což může být způsobeno větším propletením vláken v kompaktní části příze a následnou ztíženou schopností migrovat směrem ven z příze.

3.2.2 Parametry příze

Zákrut

Množství vystupujících konců vláken z příze je nezávislé na počtu zákrutů, jenž jsou přízi udíleny, avšak s rostoucím počtem zákrutů klesá počet a délka vlákenných smyček, které lze pozorovat v oblasti blízko povrchu příze. Je to zapříčiněno vyšším stupněm „přitažení“ vláken v důsledku zákrutu. Počet dlouhých vláken s rostoucím počtem zákrutů klesá jen nepatrně, což je dáno jejich umístěním na periferii příze.

Jemnost příze

S rostoucí jemností příze roste počet vláken v příčném řezu příze, a zároveň roste pravděpodobnost výskytu konců vláken a vlákenných smyček na povrchu příze. Hrubší příze jsou tedy proti jemným přízím chlupatější.

3.2.3 Technologie výroby

Vzhledem k charakteru experimentálního materiálu použitého v experimentální části této diplomové práce zde bude popsána pouze základní problematika prstencové resp. kompaktní technologie výroby příze.

Prstencové předení

U prstencového dopřádání dochází k vzniku chlupatosti především při výstupu vlákenného útvaru z předních válečků průtahového pole.

Průtah

S vyšším průtahem u prstencového dopřádacího stroje dochází k postupnému snižování chlupatosti. Je to dáno vyšším stupněm urovnání vláken v protahovaném vlákenném útvaru. Pokud by např. mykaný pramen prošel několika mykacími stroji za sebou, došlo by ke snížení chlupatosti, což je podobné jako zařazení další pasáže při protahování.

Tvorba přádního trojúhelníku

Jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňující chlupatost v prstencové technologii předení je tvorba přádního trojúhelníku při výstupu vlákenného útvaru ze svěru odváděcích válečků průtahového systému prstencového dopřádacího stroje. Krajiní vlákna vlákenného „pásu“ nejsou zcela zapředena do příze, což vede ke vzniku chlupatosti vypředené příze. (Na eliminaci přádního trojúhelníku je založeno kompaktní předení, viz níže.)

Váha běžce

Při použití těžších běžců dochází k zlepšení toku zákrutu směrem ke svěru předních průtahových válečků, což je doprovázeno poklesem v chlupatosti příze. Vyšší napětí spojené s těžším běžcem pomáhá lépe zákrucovat povrchová vlákna do příze. Avšak pokud je běžec příliš těžký, chlupatost začne znovu růst.

Tvar běžce

Tvar běžce ovlivňuje chlupatost [21]. Např. běžec elipsovitého tvaru nemá tolik volného místa pro přízi, která jím prochází ve srovnání s běžcem tvaru C a v důsledku toho dochází ke tření příze o běžec, což vede k nárůstu chlupatosti příze.

Tvar příčného řezu běžce

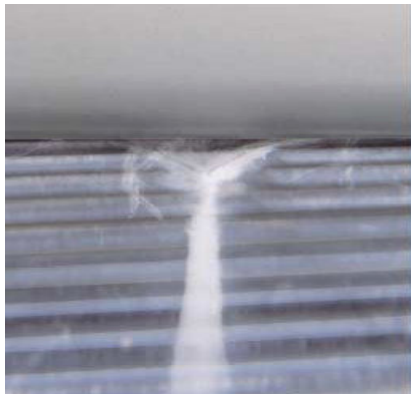
Bežec vyrobený z drátu o kruhovém nebo polokruhovém průřezu způsobuje menší chlupatost oproti běžci z plochého drátu. Mezi běžcem o kruhovém průřezu a přízí dochází k nižšímu tření než mezi přízí a běžcem, jehož průřez má plochý tvar.

Rychlost vřetene

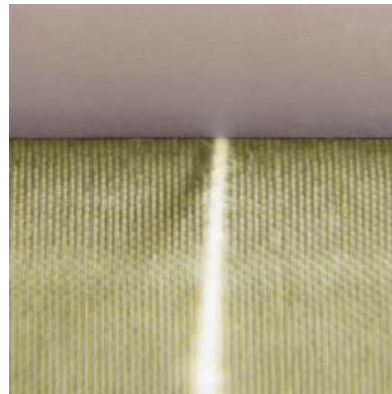
Obecně platí, že se zvyšující se rychlostí vřetene roste chlupatost příze. Tento efekt vzniká, když je váha běžce, nebo napětí v přízi konstantní. Vyrůst chlupatosti s rostoucí rychlostí vřetene je pak způsoben odstředivou silou. Ta má pak za následek to, že některé konce vláken vystupují z příze (čím vyšší je odpor vzduchu, tím větší je tření příze o běžec a zároveň se zvyšuje tření příze o omezovač balónu).

Kompaktní technologie

Kompaktní předení bylo vytvořeno za účelem snížení chlupatosti příze a zlepšení některých vlastností příze jako je pevnost nebo stejnoměrnost. Jedná se o určitou modifikaci prstencového předení (pro kterou platí to, co již bylo zmíněno u prstencové technologie). Hlavním problémem z pohledu nežádoucí chlupatosti u prstencové technologie je tvorba přádního trojúhelníku. Při výstupu vlákenného útvaru ze svěru posledního páru průtahových válečků dochází k tomu, že vlákna na okraji vlákenného pásu nejsou zcela zapředena do příze. Je to způsobeno omezením tvorby zákrutu směrem až k odváděcím válečkům v důsledku výskytu přádního trojúhelníku.



Obr. 8 Prstencové předení [23]



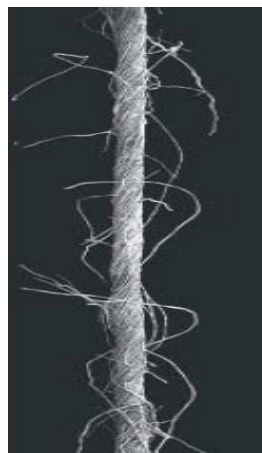
Obr. 9 Kompaktní předení [23]

Aby se zabránilo tomuto efektu, přádní trojúhelník je (téměř) eliminován v technologii výroby kompaktních přízí, začleněním zhušťovací zóny za zónu průtahovou. Ve zhušťovací zóně dochází vlivem sání vzduchu k zhušťování dodávaného zjemněného produktu na definovanou tloušťku po celé délce této zóny. Dochází tak k významnému snížení šířky vlákenného útvaru v prostoru stisku předních průtahových válečků, což umožňuje, aby se zákrut mohl rozšiřovat až ke stisku

předních válečků. Takto vypředená příze vykazuje nízkou chlupatost (zhruba o 15-20%) a vysokou stejnoměrnost [23].



Obr. 10 Kompaktní příze [23]



Obr. 11 Prstencová příze [23]

3.3 Měření chlupatosti příze

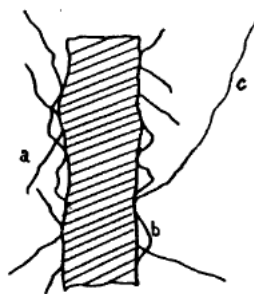
Staplové příze se skládají z těla, které je tvořené relativně pevně propletenými vlákny, jenž jsou obklopené oblastí postupně čím dál méně hustých vláken, vystupujících z těla příze. Vystupující vlákna jsou označena jako chlupatost příze. Množství chlupatosti je důležité jak pro textilní operace tak i pro samotný vzhled textilie. Při operacích jako je např. tryskové tkaní ovlivňuje aerodynamika příze množství energie nutné k pohybu příze. Množství chlupatosti také přispívá ke kvalitě příze a konečnému vzhledu textilie vyrobené z příze. Tudíž je důležitá znalost chlupatosti příze.

Podle způsobu snímání příze je chlupatost možné měřit projekcí příze do roviny rovnoběžné s osou příze nebo projekcí příze do roviny kolmé k ose příze.

Projekce do roviny rovnoběžné s osou příze (obr. 12)

Chlupatost je zde tvořena

- a) vyčnívajícími konci vláken
- b) smyčkami vláken klenutými ven z těla příze
- c) „divokými“ vlákny

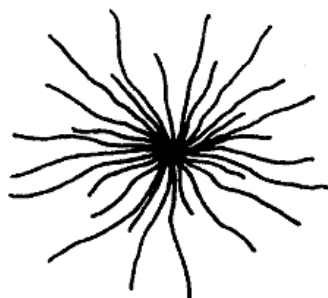


Obr. 12 Rovnoběžný průmět příze [4]

Jedná se o zjednodušené schéma, které odpovídá pouze průmětu příze do roviny rovnoběžné s osou příze. Některá vlákna se totiž mohou jevit jako smyčky, ačkoliv se ve skutečnosti může jednat o zakřivené konce vláken. Konce vláken nejsou zobrazeny ve skutečné velikosti a kromě toho jsou subjektivní charakteristikou optického členu pro zaostření.

Projekce do roviny kolmé k ose příze (obr. 13)

V tomto případě jsou viditelné pouze vyčnívající konce, ale ze stejných důvodů nejsou zobrazeny v jejich skutečné délce. Tento druh zobrazení je obtížně použitelný v praxi.



Obr.13 Kolmý průmět příze [4]

Většina autorů získávala informace ze snímání obrazů do roviny rovnoběžné s osou příze. Model je pouze aproximací skutečnosti a velký počet testovacích metod ukazuje na snahu dosáhnout co nejlepšího popisu skutečného stavu [1].

3.3.1 Metody měření chlupatosti příze

Chlupatost jako kvantitativní parametr byla prvně označena v roce 1952. Od té doby byla vyvinuta celá řada přístrojů a technik na její měření a hodnocení. Jednotlivé metody lze rozdělit na:

- optické metody
- fotografické metody
- fotoelektrické metody
- metody založené na elektrické vodivosti
- metoda založená na ztrátě hmotnosti po požehování
- kombinované metody

V současné době je na trhu velké množství přístrojů k měření chlupatosti příze. Mezi nejpoužívanější přístroje patří zařízení Zellweger hairiness meter (Uster-Tester) a aparát Zweigle. Většina ostatních přístrojů pracuje na podobném principu jako tyto dva přístroje. Z toho vyplývají základní 2 přístupy měření:

- 1) příze je prosvětlována paralelními světelnými paprsky **kolmo** k ose příze (Zellweger)

Získané parametry: např. úhrnná délka všech chlupů vztažená na určitou délku příze, hodnoty průměrů příze. *Nevýhoda:* nejsou zde informace o rozdělení délek chlupů.

- 2) světelné paprsky procházejí v určité vzdálenosti od povrchu příze **rovnoběžně** s její osou (Zweigle). *Získané parametry:* např. rozdělení délek chlupů, počet chlupů procházející určitou vzdáleností od povrchu příze, atd. *Nevýhoda:* chybí zde informace o průměrech měřených přízí.

Společnou nevýhodou těchto dvou přístupů jsou chybějící informace o prostorovém uspořádání chlupů. Příze není prosvětlována ze všech stran.

3.3.2 Vybrané přístroje pro měření chlupatosti

Zweigle G567

Tento přístroj zjišťuje počet chlupů ve vzdálenosti 1 mm až 25 mm odkraje příze. Chlupy jsou počítány současně sadou fotočidel, které jsou uspořádány ve vzdálenostech 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 21 a 25 mm od kraje příze, viz obr.



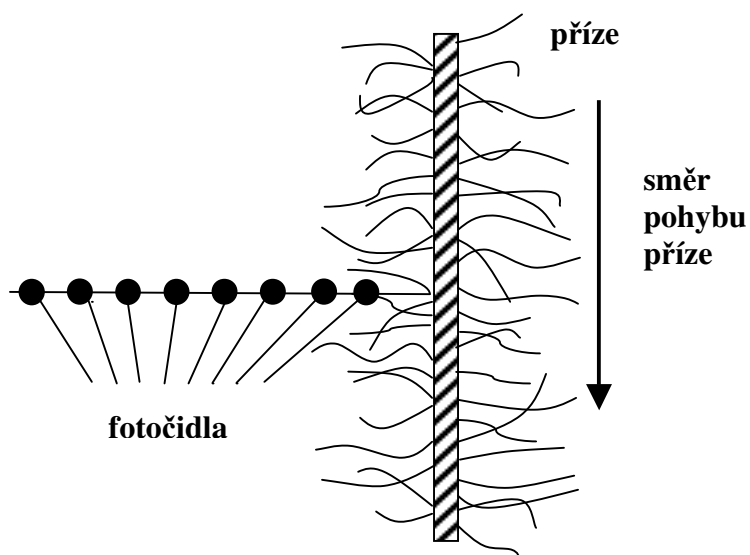
Obr. 14 Zweigle G657 [13]

Měřená příze prochází mezi zdrojem světla a fotočidlem. Jednotlivé chlupy přerušují světelný paprsek a tím ovlivňují kolísání měřené veličiny, což je intenzita světelného paprsku. Přístroj měří celkový počet chlupů v každé délkové kategorii pro nastavenou zkoušenou délku. Rychlost příze je pevně nastavena na hodnotě 50m/min, ale zkoušená délka příze může být různá. Nulový bod, což je poloha kraje příze vzhledem k fotočidlům, se nastavuje, zatímco příze prochází přes jednotlivé vodiče. Během nastavení je použito další sady fotočidel k určení kraje příze. Přístroj počítá celkový počet chlupů přesahující délku 3 mm, což může být použito při porovnávání hodnot získané zařízením Shirley yarn hairiness tester.

Délka vláken se měří od povrchu příze. Zobrazení se provádí diferenční metodou, která spočívá v registraci vláken v určité délkové třídě N_i a jejich odečítáním od vláken registrovaných v nižší třídě N_{i-1} [7].

Charakteristickou hodnotou přístroje Zweigle je hodnota $S3$, jenž představuje celkový počet chlupů, jejichž délka je rovna nebo větší než 3 mm připadající na 100 m měřené

délky příze. Jak již bylo uvedeno výše, minimální délka chlupů, kterou je tento aparát schopen zaznamenat, je délka 1 mm od povrchu příze. Zařízení Zweigle tudíž nedává informaci o velmi krátkých chlupech, tj. vláknech o délce menší než 1 mm. Další nevýhodou může být i to, že je příze během zkoušky proměřována pouze z jedné strany. Nejsou zde tedy dostupné informace o variabilitě a prostorovém uspořádání vláken v přízi a není zde měřen průměr příze.



Obr. 15 Princip měření - Zweigle hairiness tester

Zellweger hairiness meter (Uster-Tester 5)

Toto měřicí zařízení je propojeno s přístrojem Uster – Tester 5, používaným k měření hmotové nestejnoměrnosti příze.



Obr. 16 Zellweger hairiness meter 5 [18]

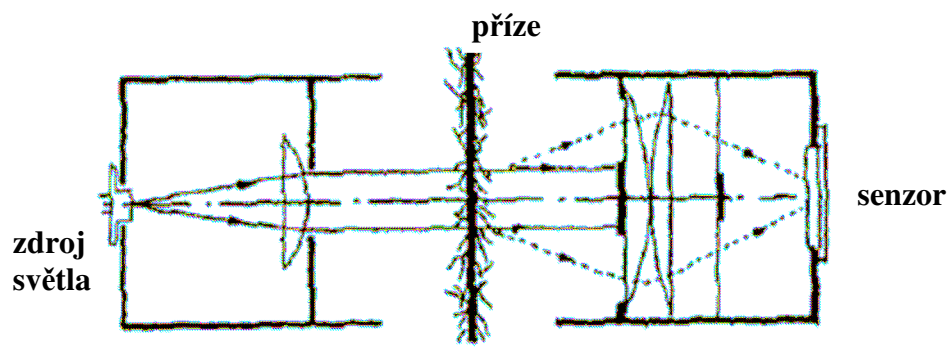
Princip tohoto zařízení spočívá v prosvětlování příze homogenním infračerveným zářením, aby se eliminoval vliv barvy příze. Textilní barviva se jeví v infračerveném záření jako zářivě barevná. Zdroj světla produkuje záření, jehož proud je rozptýlen

odstávajícími chlupy na přízi a poté zachytáván senzory. Přímé paprsky jsou pohlceny před dosažením senzoru.

Výsledný index chlupatosti H je úhrnná délka všech chlupů, které jsou měřeny na délce 1 cm příze. Tyto chlupy se měří pouze do vzdálenosti 1 cm od povrchu příze. Chlupatost H je bezrozměrný parametr, poněvadž je to poměr mezi dvěma délkami. Tento parametr se používá k určení, zda je průměrná úroveň chlupatosti v měřeném vzorku přijatelná.

Pokud je tedy hodnota indexu chlupatosti např. $H = 4$, znamená to, že úhrnná délka chlupů vystupujících z příze je rovna 4 cm, vztažená na 1 cm délky příze (měřeno do vzdálenosti 1 cm od povrchu příze).

Nevýhodou indexu chlupatosti H je, že neposkytuje informaci o dlouhých a krátkých chlupech odděleně, a také zde informace o prostorovém uspořádání chlupů. Dvě příze o stejném indexu H tudíž mohou mít rozdílný počet krátkých a dlouhých chlupů. Jelikož dlouhé chlupy způsobují problémy u některých textilních operací, bližší informace o rozdělení délek chlupů příze by byly užitečné. Přístroj Zellweger hairiness meter dále poskytuje informace o chlupatosti prostřednictvím tzv. standardní odchylky chlupatosti sh , která slouží k měření variace chlupatosti a sledování významných variací chlupatosti v testovaném materiálu. Přítomnost periodicity v chlupatosti může být určena spektrogramem chlupatosti. Vyhodnocován je i průměr příze.



Obr. 17 Princip měření - Zellweger hairiness meter 5 [7]

Shirley yarn hairiness meter

Jedná se o jeden z nejznámějších a nejpoužívanějších přístrojů na měření chlupatosti příze. Nejnovější verze tohoto aparátu z roku 1996 je k dispozici ve třech formách:

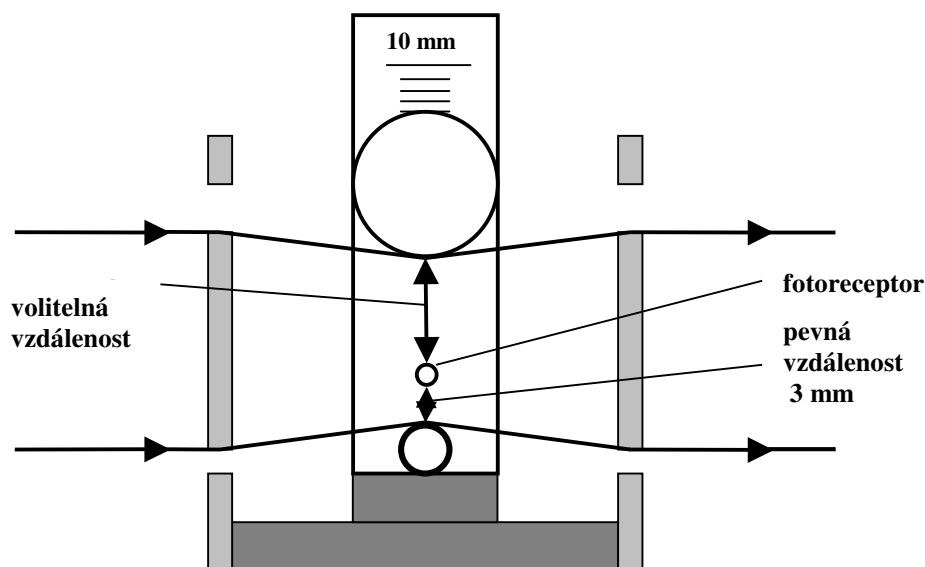
- testovací zařízení pro tření
- zařízení testující chlupatost přízí
- kombinované zařízení testující tření a chlupatost přízí



Obr. 18 Shirley yarn hairiness meter [24]

Přístroj se sestává ze světelného paprsku dopadajícího na malý průměr fotoreceptoru. Během zkoušky prochází příze konstantní rychlostí mezi světlem a receptorem. Když se mezi světlem a receptorem objeví chlup příze, světelný paprsek je přerušen a elektronický obvod počítá přerušení jako jeden chlup. Zařízení má dvě sady vodičů příze, viz obr 19. Spodní sada vede přízi přes vodič v pevné vzdálenosti 3mm od receptoru. Horní sada vede přízi přes pohyblivý vodič, který může být nastaven ve vzdálenosti 1mm až 10mm od receptoru. Výsledkem je počet chlupů, který je počítán v pevné vzdálenosti od příze – zde 3 mm.

Jako u většiny ostatních přístrojů je zde příze proměřována pouze z jedné strany a nejsou zde dostupné informace o velikosti průměru dané příze.



Obr. 19 Princip měření - Shirley yarn hairiness meter

Keisokki Laserspot LST

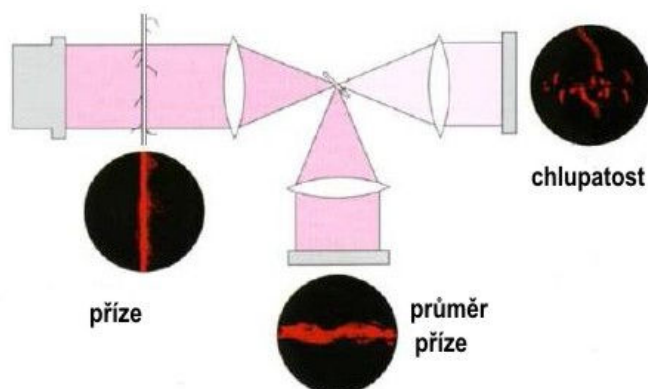
Metoda je založená na difrakci laserových paprsků. Tento přístroj měří chlupatost a průměr příze. Jako zdroje světla je zde použito polovodičového laseru, který emituje monochromatické paralelní světlo.



Obr. 20 Keisokki LST-III yarn hairiness tester [20]

Když světelný paprsek dopadne na přízi, dochází k difrakci světla, která je závislá na komponentách těla příze, vlákenných smyčkách a chlupů vystupujících z příze. Výsledkem je index chlupatosti HA , který úzce souvisí s kalibrací přístroje. Kalibrační prvek se skládá z kovové tyčky o průměru 1 mm, která nese extrémně tenká kovová vlákna simulující chlupy. Takto simulovaná chlupatost předkládá měřené pole odpovídající hodnotě $HA = 100$ a daná chlupatost příze je procentuálně vyjádřena ve vztahu k této počáteční hodnotě [1].

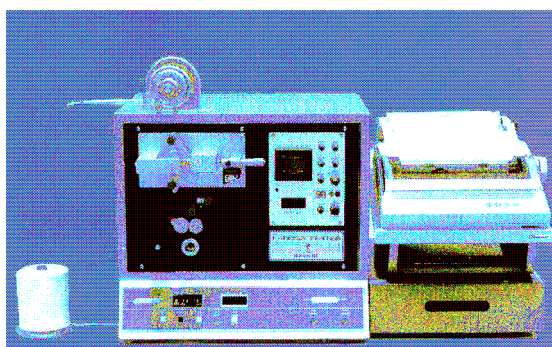
Výhodou tohoto přístroje je, že je schopen oddělit chlupatost od průměru příze a poskytnout tak informace o obou dvou charakteristikách příze.



Obr. 21 Princip měření - Keisokki Laserspot LST [25]

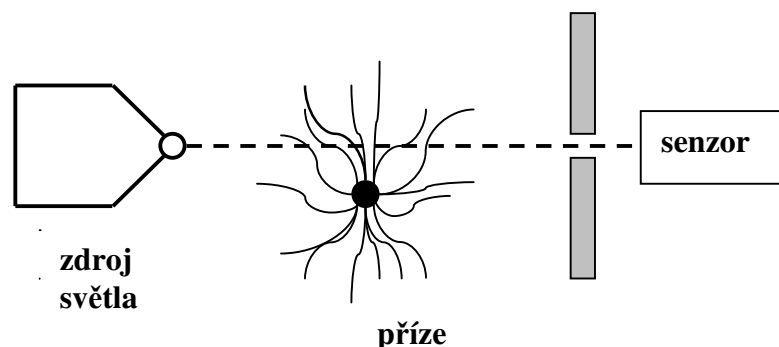
F – Index Tester

Příze je osvětlena světelným paprskem rovnoběžným s osou příze kolmým k vzorku a v předem vybrané vzdálenosti od povrchu příze. Počet protnutí chlupů s imaginární rovinou tvořenou světelnými paprsky zohledňuje index chlupatosti označený jako F-index.



Obr. 22 F-Index Tester [12]

V praxi se jedná o velmi obtížně definovanou hodnotu, která v sobě zahrnuje průměrnou délku chlupů, úhrnnou délku chlupů a počet chlupů překračující určitou délku, které lze získat ze dvou měření provedených v různých vzdálenostech od osy příze. Příze je během měření prosvětlována pouze z jedné strany.

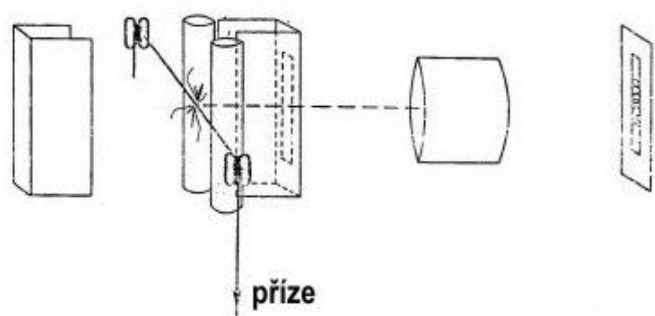


Obr. 23 Princip měření - F-Index Tester

B-V Hairiness Tester

Princip měření spočívá ve snímání příze v příčném směru pomocí televizní kamery. Promítnutá příze je sejmuta elektronickým paprskem, který prochází kolmo k ose příze. Index chlupatosti V je definován jako střední počet protnutí chlupů a snímaných hranic a index délky L jako průměrná délka každé vzdálenosti od nejvzdálenějších protnutí k povrchu příze. Při zkoušce na tomto přístroji je průměr příze měřen zároveň s chlupatostí příze. U této metody je obtížné přesně definovat index chlupatosti V a index délky L vzhledem k libovolným jednotkám přístroje.

Tato metoda umožnila určit průměr příze, chlupatost a velikost délek chlupů.



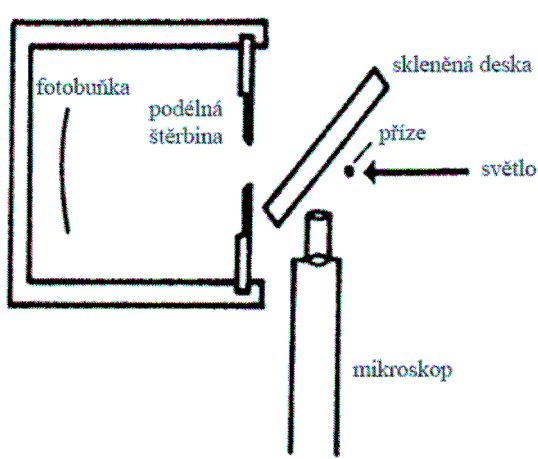
Obr. 24 Princip měření - B-V Hairiness Tester [19]

Přístroj založený na Chamberlainově fotometru

Princip tohoto zařízení je založen na použití fotometrické a optické metody. Světlo, které prochází měřenou přízí, se na nakloněné skleněné desce částečně odrazí do mikroskopu spojeného s PC. Paprsky, jenž se na skleněné desce neodrazí, projdou štěrbinou a dopadají na katodu fotobuňky. Důležitým faktorem je zde šířka štěrbiny, která může být 2, 4 nebo 6 krát větší než průměr příze.

Toto zařízení tedy využívá k určení chlupatosti příze kombinaci fotoelektrické a optické metody. Obě metody jsou založené na měření průměru příze. Hodnota získaná ze zvětšeného obrazu příze a jejího průměru se liší od hodnoty naměřené pomocí fotobuňky. Fotometricky vypočítaná hodnota průměru příze je ovlivněna chlupatostí a tudíž je větší než skutečný průměr odpovídající tělu příze. Poměr těchto dvou průměrů je proto měřítkem chlupatosti (koeficient chlupatosti). Z tohoto důvodu jsou některé techniky založené na „dvojím“ měření.

Mezi výhody tohoto přístroje patří získání hodnot dvou odlišně naměřených průměrů příze. Co se týče samotné chlupatosti příze, výsledkem jejího měření je pouze koeficient chlupatosti jakožto poměr dvou průměrů příze, ale hodnota, která by přesněji definovala chlupatost zde bohužel chybí.

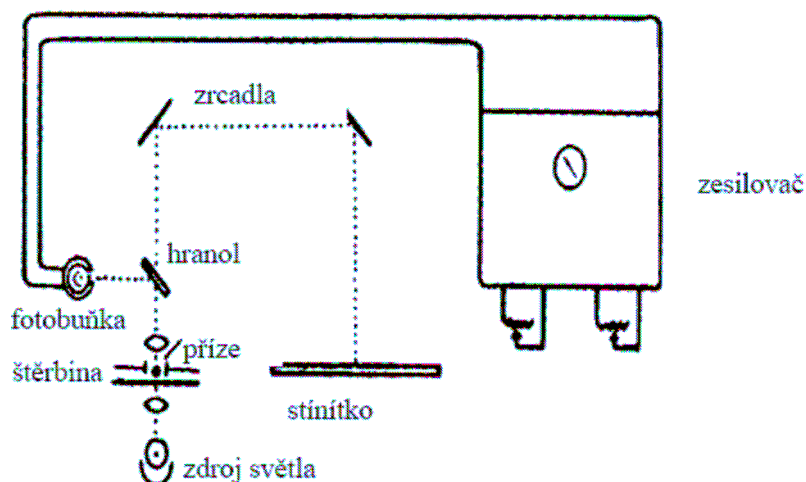


Obr. 25 Princip měření - Chamberlainův fotometr [7]

Přístroj Vieluba A-B

Princip byl podobný předcházejícímu zařízení. Jako nových prvků zde bylo použito mechanického nastavení šířky štěrbiny, tensionmeteru, snadné kalibrace elektronických částí; přístroj pracoval polokontinuálně.

Tak jako u předešlé metody zde chybí přesněji vyjádřená hodnota charakterizující měřenou chlupatost příze.



Obr. 26 Princip měření - Vieluba AB [7]

Multi – Scan Yarn Hairiness Meter – YHM4

Přístroj pracuje na podobném principu jako aparát Zweigle. Měřicí čidlo zaznamenává současně délky jednotlivých chlupů od 1 – 9 mm.

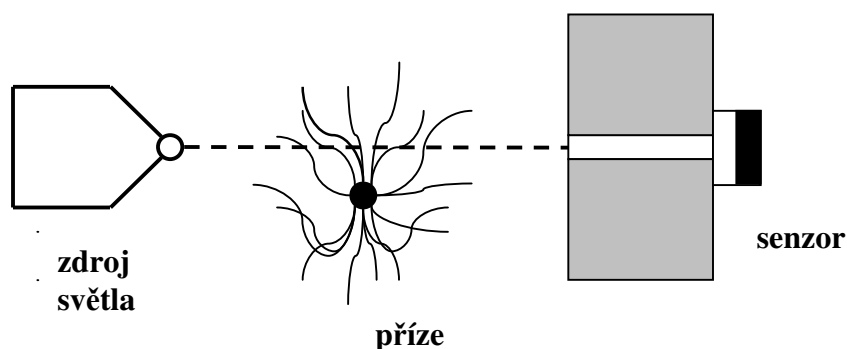


Obr. 27 Multi-scan Yarn Hairiness Meter [16]

J.T.R.I. Hairiness Meter

Tento přístroj se používá pro měření chlupatosti jutowých přízí. Je složen ze dvou částí, z části snímací a části hnací. Pomocí křemíkového tranzistoru počítá snímací jednotka chlupy v pevné vzdálenosti od těla příze. Výsledkem je počet vyčnívajících vláken v určité vzdálenosti od příze. Aby se zabránilo vibracím a šumům, jsou pohonná a snímací jednotka umístěny samostatně. Pulsy, vygenerované po zesílení, jsou počítány pomocí vysokorychlostního digitálního čítače a speciální vyrovnávací výstup je vhodný pro připojení PC a pozdějšího zpracování. Výsledky tohoto přístroje jsou shodné s výsledky získání přímou vizuální metodou.

Mezi nevýhody tohoto zařízení patří jednostranné měření příze a hodnoty určující průměr příze.

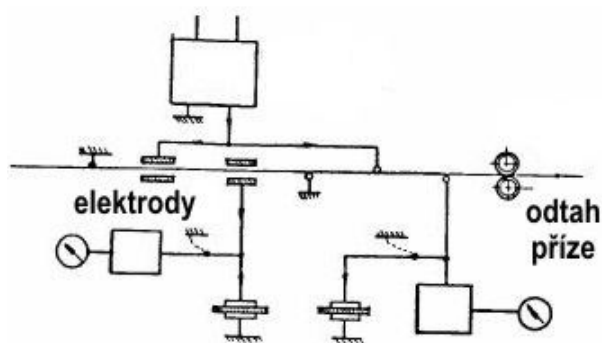


Obr. 28 Princip měření - J.T.R.I. Hairiness Meter

Přístroj CRITTER DAM I

CRITTER DAM I byl první přístroj na měření chlupatosti příze, který pracoval nepřetržitě. Jeho princip spočívá v tom, že příze prochází mezi dvěma elektrodami a v důsledku vysokého napětí dochází k napřímení jednotlivých chlupů.

Nevýhodou tohoto přístroje to, že jsou zde počítány jen chlupy o délce 2,5 mm a vyš, kratší chlupy se neměří.

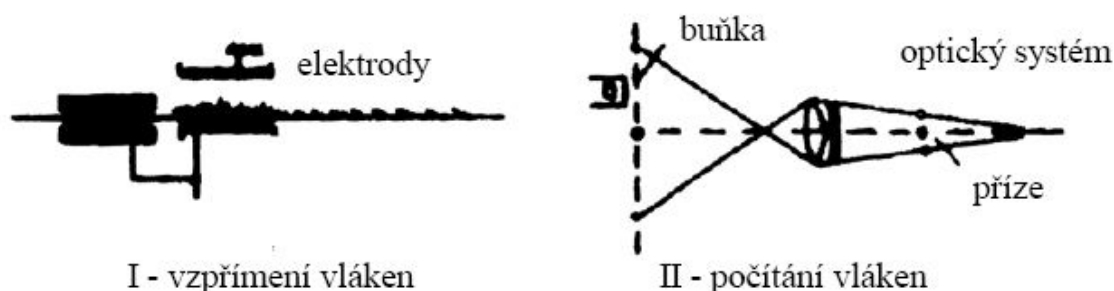


Obr. 29 Princip měření - CRITER DAM I [19]

Přístroj CRITTER DAM II

Jeho funkce je obdobná jako u prvního typu tohoto zařízení a spočívá v napřímení chlupů příze v elektrostatickém poli a jejich prozkoumáním fotoelektrickým prvkem umístěným ve vzdálenosti 3 mm od osy příze. Výsledkem této zkoušky je určení počtu chlupů, jejichž délka přesáhla 3 mm v dané vzdálenosti od osy příze. Nevýhodou této metody je to, že jsou počítány jen chlupy, jejichž délka přesahuje 3 mm. Na druhou stranu napřímení konců vláken znamená, že zde musí být brán v úvahu nový faktor, poněvadž ve skutečnosti takto vlákna nejsou uspořádána. Za těchto podmínek nemůžou

odrážet výsledky „vizuální“ chlupatost, navíc se mohou objevit problémy při použití přízí ze syntetických materiálů. (Tento problém byl později vyřešen použitím prostředku s antistatickým účinkem, které usnadnilo hromadění náboje pomocí přídavné jednotky impregnačního systému, sušícího zařízení a přívodu kladného náboje).



Obr. 30 Princip měření - CRITTER DAM II [7]

Metoda založená na ztrátě hmotnosti po požehování – PONDERAL

Tato metoda spočívá v určení rozdílu hmotnosti příze dané délky před a po eliminaci chlupatosti pomocí požehování (opalování). Úbytek hmotnosti je považován za úbytek chlupatosti. Byl stanoven hmotnostní koeficient chlupatosti jako funkce měřmé hmotnosti před a po opalování. Samotné opalování chlupů závisí na mnoha faktorech, proto je složité provádět opalování za stále stejných podmínek. Jelikož nelze ani maximálně intenzivním opalováním dosáhnout toho, aby příze byla úplně bez chlupů, nelze tuto metodu považovat jako úplně hodnocení chlupatosti.

Tato metoda kromě koeficientu chlupatosti neposkytuje žádné další informace, jako je například průměr příze, průměr vlákna nebo rozložení délek chlupů v přízi.

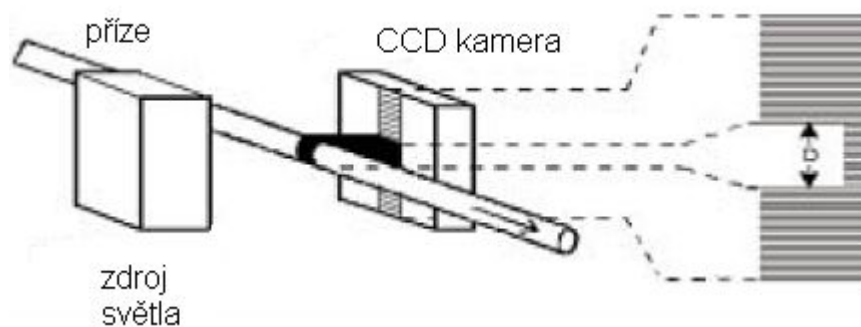
Lawson-Hemphill MTH Hairiness Tester

Princip toho přístroje vychází z osvětlení příze a vyhodnocení jejího CCD kamerou nasnímaného podélného obrazu.



Obr. 31 Lawson-Hemphil MTH Hairiness Tester [36]

Samotná zkouška spočívá v odlišném prahování, což má za následek několik rozdílných hodnot popisujících průměr dané příze. Ta se snímá při několika různých úrovní prahu a získané hodnoty jednotlivých průměrů se navzájem porovnávají. Výsledkem je koeficient chlupatosti, který ovšem jako ostatní koeficienty ne zcela přesně vystihuje měřenou chlupatost.



Obr. 32 Princip měření - Lawson-Hemphil MTH Hairiness Tester [36]

Premier Tester 7000

Tento přístroj pracuje na podobném principu jako Uster Tester.



Obr. 33 Premier Tester 7000 [37]

4. Experimentální část

4.1 Měření chlupatosti pomocí obrazové analýzy

Chlupatost přízí je v dnešní době možné sledovat prostřednictvím mnoha metod. Většina metod je založena na prosvětlování příze ve vzdálenosti 1 mm a výš směrem od povrchu příze. Tyto přístupy ovšem neposkytují informace o chování vláken v oblasti velmi blízké povrchu příze.

Na katedře KTT byla vyvinuta metodika měření chlupatosti pomocí obrazové analýzy Lucia, která umožňuje zkoumání oblastí blízkých průměru příze. Prostřednictvím této metodiky bylo doposud možné popsat chování vláken ve vzdálenosti asi 0,05 až 0,4 mm od povrchu příze. Touto metodou lze vzájemně odlišit dva typy chlupatosti. Které byly zmíněny v předcházející kapitole, a sledovat jejich chování v závislosti na technologii výroby, materiálu a dalších parametrech [6]. Ke zvětšení podélných obrazů na přízi se využíval optický mikroskop.

Cílem této práce je použít k měření chlupatosti příze stávající metodiku s využitím mikroskopu, a zároveň sledovat chování odstávajících vláken i ve větších vzdálenostech od průměru příze s využitím optického makroskopu a pozorovat vliv makroskopické a dosud používané mikroskopické metody na parametry chlupatosti kompaktních a prstencových přízí a oba typy přízí porovnat z hlediska chlupatosti.

4.1.1 Princip měření chlupatosti systémem obrazové analýzy Lucia

Princip měření chlupatosti příze je založen na průchodu světelných paprsků oblastí chlupatosti příze. Používané přístrojové vybavení ke snímání příze se skládá buď z optického mikroskopu se spodním osvětlením nebo z mikroskopu s horním osvětlením. Oba přístroje jsou opatřeny CCD kamerou napojenou na PC se softwarovým systémem LUCIA.

Důležitým krokem před pořízením jednotlivých snímků je nastavení světla dopadající na jednotlivé body – „pixely“ obrazovky (respektive dopadající na kamerou rozlišované body, jejichž osvětlení se pak zobrazuje na obrazovce. Množství dopadajícího světla by mělo být takové, aby byl obrys příze dobře zřetelný a zároveň, aby jednotlivá odstávající vlákna nebyla přesvětlena.

U mikroskopu se postupně se zvyšuje intenzita světla osvětlující preparát a při stále stejně nastavených hodnotách citlivosti se zjišťuje, kdy obrazovka bude absolutně čistá bez jednotlivých tmavších bodů. Intenzita světla má být o málo vyšší, než je intenzita světla, kdy se na obrazovce ještě nějaké body objevují. Tím se zajistí, aby obraz příze nebyl přesvětlen.

Jelikož se u makroskopu používá horní osvětlení, výše zmíněný postup nastavení správného osvětlení se u makroskopu neuplatňuje. Správné nastavení světla dopadajícího na měřenou přízi závisí mnohem více na pozorovateli, příze nesmí být nedosvětlena ani přesvětlena.

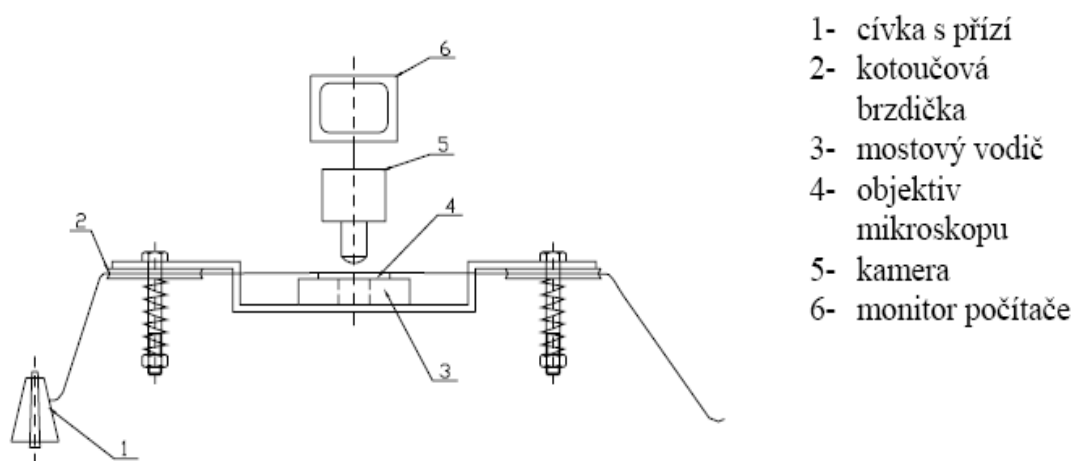
4.1.2 Postup nastavení parametrů pro měření (software Lucia)

Mikroskop [7]

1. Připevnění mostového vodiče na stolek mikroskopu a navedení příze
2. Vložení měřené příze pod objektiv mikroskopu, zvolení zvětšení v závislosti na jemnosti příze tak, aby na každou stranu od osy příze byla vzdálenost nejméně 3D, zapnutí spodního osvětlení a zaostření příze.
3. Zapnutí automatického režimu na kameře a zapnutí zdroje osvětlení
4. Nastavení vstupů – funkce InputSetup: Gain 0, Offset 128, Kontrast 100, Saturation 0
5. Odstranění příze z podložního sklíčka
6. Ztlumení spodního osvětlení na minimální hodnotu
7. Sejmутí obrazu – funkce Grabbing
8. Nastavení prahové hodnoty - funkce Define Treshold: pro všechny barevné složky RGB spodní mez 0, horní mez 220, tolerance 0.
9. Zkontrolování počtu zaznamenaných objektů – funkce Scan Object, Object Data
10. Opuštění uloženého obrazu – tlačítko Capture
11. Mírné zvýšení intenzity spodního osvětlení
12. Opakování bodů 7 – 11 dokud není počet zaznamenaných objektů 0
13. Vložení příze zpět pod objektiv, doostření

Makroskop

1. Připevnění mostového vodiče na stolek mikroskopu a navedení příze
2. Vložení měřené příze pod podsádku makroskopu
3. Zapnutí zdroje osvětlení
4. Zapnutí automatického režimu na kameře
5. Nastavení vstupů – funkce InputSetup: Gain 0, Offset 128, Kontrast 100, Saturation 0
6. Nastavení osvětlení – příze musí být osvětlena tak, aby její povrch a kraje byly co nejostřejší
7. Nastavení požadovaného zvětšení a jeho kontrola pomocí kalibračního sklíčka



Obr. 34 Princip měření chlupatosti na mikroskopu [7]

Hlavní rozdíl mezi měřením chlupatosti pomocí mikroskopu a makroskopu je ten, že u mikroskopu je použito spodní osvětlení (dochází k průchodu světla), kdežto u makroskopu se používá osvětlení horní (dochází k odrazu světla). Tudíž lze dané schéma použít i pro představu o měření chlupatosti na makroskopu s tím, že objektiv mikroskopu je nahrazen podsádkou o různé velikosti zvětšení a pod měřenou přízí je nalepena černá folie, jenž vytváří tmavé pozadí nasnímaného obrazu příze.

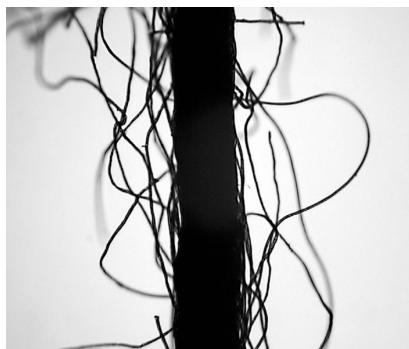
Postup při měření

Příze je dle obr. 34 odvíjena z cívky 1 a navedena pomocí mostového vodiče 3 přes kotoučovou brzdičku 2 pod objektiv mikroskopu 4, kde je snímána kamerou 5 a zobrazována na displeji 6. Dále je vedena přes kotoučovou brzdičku a manuálně

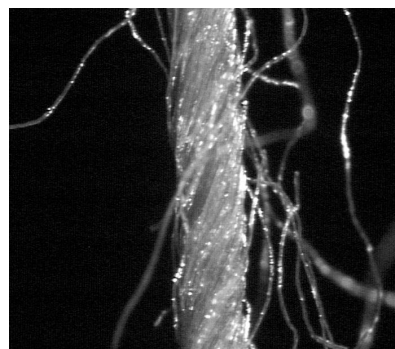
odtahována. Brzdičky při odvíjení udržují přízi v napjatém stavu a stabilizují polohu příze. Napětí v přízi se nastavuje regulačními šrouby brzdiček.

Podélné pohledy jsou snímány z náhodně vybraných míst příze. Je vhodné odtahovat vždy různě dlouhé úseky, aby nedošlo ke zkreslení údajů možnými periodickými vadami. Výběr jednotlivých snímků by měl být ryze náhodný. Pro zajištění dostatečné reprezentativnosti výsledků se vyhodnocuje vždy alespoň 800 snímků z jedné příze.

Příze je pod mikroskopem osvětlována zespodu halogenovou žárovkou. Její obraz je sejmut CCD kamerou a zobrazen na monitoru počítače. Tak se získává stínový obraz, jehož příklad je na obr. 35 (obraz příze nasnímaný na makroskopu je na obr. 36). Jednotlivé obrazy jsou potom systémem LUCIA ukládány do paměti počítače.



Obr. 35 Obraz příze – mikroskop



Obr. 36 Obraz příze – makroskop

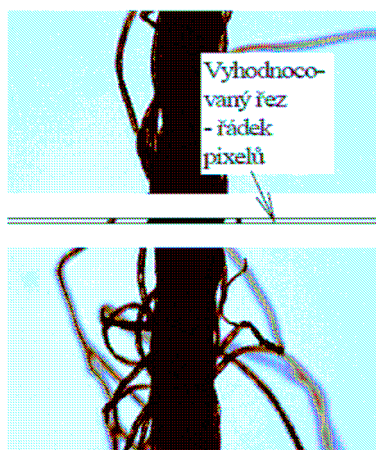
Obrazové okno LUCIE na monitoru počítače odpovídá zornému poli mikroskopu. Zvětšení mikroskopu je vhodné volit v závislosti na jemnosti příze tak, aby na každou stranu od osy příze byla vzdálenost rovna asi trojnásobku průměru příze.

Při snímání je rovněž nutné každý obrázek na mikroskopu jemně doostřit. Nejostřejší částí obrazu by měla být hrana těla příze, nikoli jednotlivé chlupy [7].

4.1.3 Prvotní zpracování obrazu

Princip výpočetního zpracování obrazu spočívá v zavedení myšleného řezu kolmo k ose příze a jeho vyhodnocení. Zvolený řez určuje řádek pixelů, viz schéma na obr. 37. Světelná hodnota každého pixelu v řádku reprezentuje „světlost“ obrazu v daném místě. (Pohybuje se v rozmezí od 0 do 255, přičemž 0 odpovídá černé a 255 bílé barvě.) Světlost pixelu blízký se černé značí, že se v místě nachází vlákno a naopak,

blíží-li se světlost pixelu bílé, znamená to, že průchodu světelného paprsku nebránilo žádné vlákno.



Obr. 37 Zvolený řez určující řádek pixelů [7]

Pro posouzení výskytu vláken v řezu se převádí světlost pixelů v řádku na binární hodnoty (0 = černá, bílá = 1). Dále se určí osa příze (viz níže).

Ze všech (800) obrazů měřené příze se vyhodnocují všechny binární řádky pixelů (tj. 548 řádků pro každý obraz příze). Z každého obrazu se tedy získá jedna křivka zčernání. Všechny 800 křivek zčernání jsou následně „zprůměrnovány“, čímž vznikne průměrná křivka zčernání reprezentující hodnoty chlupatosti dané příze.

Systém obrazové analýzy LUCIA ukládá jednotlivé snímky do paměti počítače v grafickém formátu LIM. Tento formát je ovšem nevyhovující pro další zpracování a tudíž se snímky musí překonvertovat do formátu TIFF. Jednotlivé snímky jsou uchovány na pevném disku počítače. Pro jejich vyhodnocení byl vypracován program, jehož algoritmus lze shrnout do následujících bodů [7] :

- 1) Načtení snímku příze
- 2) Provedení řezu – načtení řádku hodnot světlostí pixelů do jednorozměrné matice
- 3) Převod matice na binární („černobílou“) .
- 4) Určení (odhad) osy příze
 - a) první odhad – z histogramu výskytu černých pixelů se určí dvě krajní maxima, zprůměrují se, čímž se získá hodnota označující bod osy příze
 - b) druhý odhad – použitím morfologické operace (eroze), tj. zvolením lineárního elementu, který je úměrný polovině „těla“ příze a následnou eliminací vláken, která

patří do sféry chlupatosti. Osa příze je určena jako střední pixel “těla” příze, tzn. nejdelší oblasti černých pixelů.

Pokud je rozdíl mezi prvním a druhým odhadem osy příze větší než použitá konvence (zde 1/4 průměru), použije se první odhad.

- 5) Určení křivky zčernání pro každý obraz příze ze všech jeho binárních řádků
- 6) Zprůměrování všech 800 křivek zčernání a získání průměrné křivky zčernání

Pro názornost grafického zobrazení experimentálních výsledků je v popisovaném programu vytvořena ještě matice hodnot zčernání $Z = 1 - P$ [6].

$$-\ln P = -\ln [1 - \ln Z(x)]. \quad (7)$$

4.1.4 Určení parametrů teoretického modelu chlupatosti

Konečným výsledkem prvotního zpracování dat je zčernání Z jako funkce vzdálenosti x , $Z = Z(x)$. Průhlednost je $P = 1 - Z(x)$ a záporně vzatý logaritmus průhlednosti (11).

Pro logaritmus průhlednosti byl za řady předpokladů odvozen též teoretický vztah popsáný v [11] tamní rovnicí (11); má tvar

$$-\ln P = \sum_{i=1}^N \{-\ln P_i\} = \frac{8}{\pi (d^*)^2 \ln 2} \sum_{i=1}^N \left(h_i C_i \left[\int_0^{\frac{\pi}{2} \frac{x - \frac{d^*}{2}}{h_i \cos \alpha}} 2^{\frac{x - \frac{d^*}{2}}{h_i \cos \alpha}} d\alpha - \int_0^{\frac{\pi}{2} \frac{x + \frac{d^*}{2}}{h_i \cos \alpha}} 2^{\frac{x + \frac{d^*}{2}}{h_i \cos \alpha}} d\alpha \right] \right), \quad (8)$$

kde

P ... průhlednost

d^* ... „zvětšený ekvivalentní průměr“ vlákna (tj. průměr kruhu, jehož plocha je stejná jako plocha řezu průměrným vláknem v průřezu příze – oblasti chlupatosti)

N ... počet typů chlupatosti (které jsou vzájemně „prolnuty“ a dohromady tvoří oblast chlupatosti)

i ... index typu chlupatosti a index veličin, příslušejících tomuto typu chlupatosti

h_i ... interval polovičního úbytku vláken i – tého typu chlupatosti (tj. Zvětšíme-li

libovolný poloměr r o h , sníží se počet vláken procházejících poloměrem $r + h$ na polovinu)

C_i ... multiplikační parametr i -tého typu chlupatosti

Z experimentálních dat je k dispozici $j = 1, 2, \dots, M$ (tj. dvojic hodnot $x_i, -\ln P_i$) předchozí závislosti.

Podle dosavadních zkušeností lze experimentálně zjišťované průběhy průhlednosti uspokojivě vyjádřit modelem dvou typů chlupatosti pro $N = 2$, jak je uvedeno v (9).

$$-\ln P = \frac{8}{\pi(d^*)^2 \ln 2} \sum_{i=1}^2 \left(h_1 C_1 \left[\int_0^{\frac{\pi}{2} \frac{x - \frac{d^*}{2}}{h_1 \cos \alpha}} 2^{\frac{x - \frac{d^*}{2}}{h_1 \cos \alpha}} d\alpha - \int_0^{\frac{\pi}{2} \frac{x + \frac{d^*}{2}}{h_1 \cos \alpha}} 2^{\frac{x + \frac{d^*}{2}}{h_1 \cos \alpha}} d\alpha \right] + h_2 C_2 \left[\int_0^{\frac{\pi}{2} \frac{x - \frac{d^*}{2}}{h_2 \cos \alpha}} 2^{\frac{x - \frac{d^*}{2}}{h_2 \cos \alpha}} d\alpha - \int_0^{\frac{\pi}{2} \frac{x + \frac{d^*}{2}}{h_2 \cos \alpha}} 2^{\frac{x + \frac{d^*}{2}}{h_2 \cos \alpha}} d\alpha \right] \right). \quad (9)$$

Zavedeme-li značení

$$y = -\ln P \quad (\text{pro experimentální body se rozumí } y_j = -\ln P_j) \quad (10)$$

$$q_1 = \frac{8h_1 C_1}{\pi(d^*)^2 \ln 2} \Rightarrow C_1 = \frac{q_1 \pi (d^*)^2 \ln 2}{8h_1}, \quad (11)$$

$$q_2 = \frac{8h_2 C_2}{\pi(d^*)^2 \ln 2} \Rightarrow C_2 = \frac{q_2 \pi (d^*)^2 \ln 2}{8h_2}. \quad (12)$$

Zčernání Z

$$z_1(x) = \int_0^{\frac{\pi}{2} \frac{x - \frac{d^*}{2}}{h_1 \cos \alpha}} 2^{\frac{x - \frac{d^*}{2}}{h_1 \cos \alpha}} d\alpha - \int_0^{\frac{\pi}{2} \frac{x + \frac{d^*}{2}}{h_1 \cos \alpha}} 2^{\frac{x + \frac{d^*}{2}}{h_1 \cos \alpha}} d\alpha, \quad (13)$$

$$z_2(x) = \int_0^{\frac{\pi}{2} \frac{x - \frac{d^*}{2}}{h_2 \cos \alpha}} 2^{\frac{x - \frac{d^*}{2}}{h_2 \cos \alpha}} d\alpha - \int_0^{\frac{\pi}{2} \frac{x + \frac{d^*}{2}}{h_2 \cos \alpha}} 2^{\frac{x + \frac{d^*}{2}}{h_2 \cos \alpha}} d\alpha, \quad (14)$$

lze zapsat formálně jednoduchým tvarem

$$y = q_1 z_1(x) + q_2 z_2(x). \quad (15)$$

Ve výrazu (15) jsou obsaženy parametry q_1 , q_2 a též parametry h_1 , h_2 , jež jsou součástí $z_1(x)$ a $z_2(x)$. Hodnoty těchto parametrů lze stanovit z experimentálních dvojic hodnot a a b . Hodnoty lze určit lineární regresí.

Je-li

$$A = \sum_{j=1}^M [z_1^2(x_j)] , \quad B = \sum_{j=1}^M [z_1(x_j) z_2(x_j)] , \quad C = \sum_{j=1}^M [y_j z_1(x_j)] , \quad (16)$$

$$D = \sum_{j=1}^M [z_2^2(x_j)] , \quad E = \sum_{j=1}^M [y_j z_2(x_j)] . \quad (17)$$

Platí (z kritéria minima kvadrátů odchylek)

$$q_1 = \frac{CD - BE}{AD - B^2} , \quad q_2 = \frac{AE - BC}{AD - B^2} . \quad (18)$$

Hodnoty je však třeba vyhledat metodami numerické optimalizace.

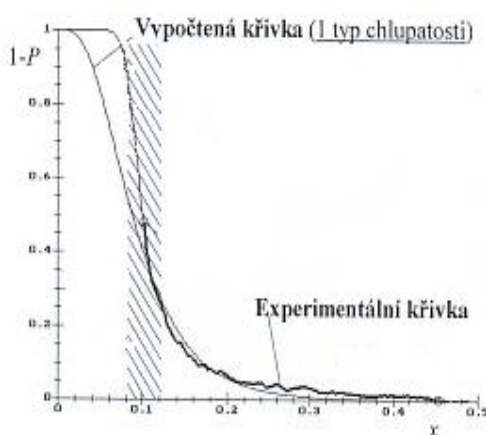
Naznačený způsob vyhodnocování chlupatosti příze se zpracovává do programu, který umožňuje experimentální body proložit teoretickou křivkou pro dva typy chlupatosti. Následně jsou poté určeny lineární regresí a metodou numerické optimalizace jednotlivé parametry. Výstupem jsou grafy, získané pro dané příze.

Experimentální průběh zčernání $Z = 1 - P$ v závislosti na vzdálenosti x , ukazují (identické) experimentální křivky v grafech na obr. 38 a obr. 39. Poloměr příze r_D (polovina průměru příze D) leží ve vyšrafovaném rozmezí. Pravidly pro oblast chlupatosti se řídí pouze prostor, kde $x > r_D$. Ve vnitřní oblasti příze, kde $r < r_D$, odvozený model chlupatosti neplatí.

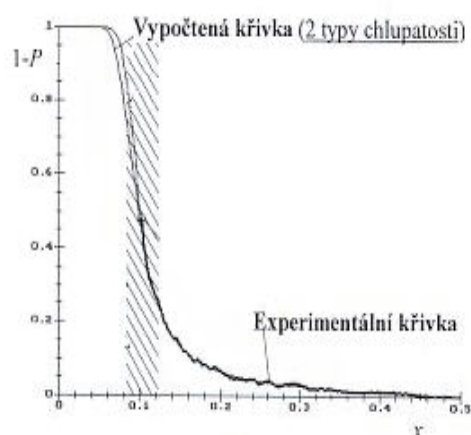
Pro vyhodnocení chlupatosti popisovanou metodou byla přijata první část empirické konvence, podle které poloměr příze r_D leží v místech, kde zčernání $Z = 1 - P = 0,5$.

Do vyhodnocení se tedy zahrnují jen body s nižší hodnotou zčernání. Druhou částí empirické konvence je pravidlo, podle kterého se už dál nevyhodnocují další body, pokud 3 po sobě jdoucí body experimentální křivky mají hodnotu $Z = 1 - P < 0,005$.

Experimentálními hodnotami byly proloženy modelové závislosti. Křivka odpovídající modelu s jedním typem chlupatosti je znázorněna na obr 38. Její souhlas s experimentální křivkou není evidentně příliš dokonalý. Křivka odpovídající modelu se dvěma typy chlupatosti je znázorněna na obr. 39. Je zřejmé, že shoda naměřené a vypočtené závislosti v oblasti chlupatosti je zde velmi dobrá. Lze tudíž konstatovat, že dvouexponenciální model chlupatosti lépe a přesněji vyjadřuje chlupatost příze než model jednoexponenciální.



Obr. 38 Teoretická křivka chlupatosti
pro 1 typ chlupatosti [8]



Obr. 39 Teoretická křivka chlupatosti
pro 2 typy chlupatosti [8]

4.1.5 Výpočet parametrů příze z teoretické křivky chlupatosti

Z teoretické křivky chlupatosti byly spočítány jednotlivé charakteristické parametry příze jako je

D_{cover} ... krycí průměr – počítán ze zadané hodnoty $Z = 50\%$

D_{dens} ... hustotní průměr – počítán ze zadané hodnoty $\mu_{dens} = 0,11$

μ_{1dens} a μ_{2dens} ... zaplnění na hustotním poloměru pro 1. a 2. typ chlupatosti

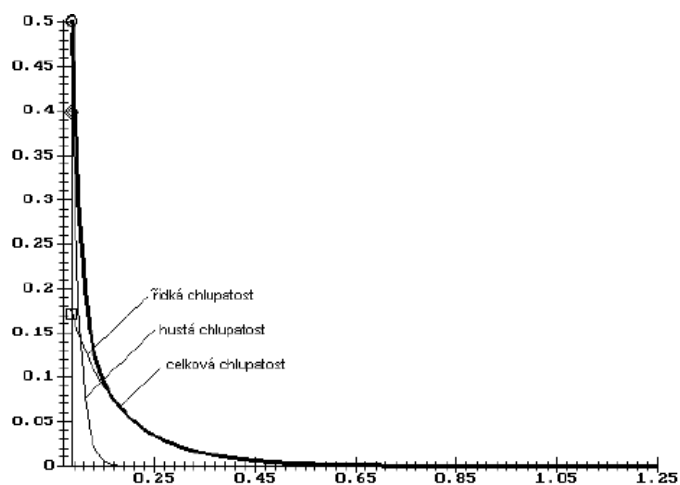
μ_{1cover} , μ_{2cover} a μ_{cover} ... zaplnění na krycím poloměru pro 1. a 2. typ chlupatosti a celkové zaplnění na krycím poloměru

I_{1dens} , I_{2dens} a I_{cdens} ... integrální charakteristiky počítané od hustotního poloměru pro 1. a 2. typ chlupatosti a pro celkovou chlupatost

I_{1cover} , I_{2cover} a I_{cover} ... integrální charakteristiky počítané od krycího poloměru pro 1. a 2. typ chlupatosti a pro celkovou chlupatost

K výpočtu výše uvedených hodnot zaplnění byly použity parametry
 h_1 ... interval polovičního úbytku vláken pro 1. typ chlupatosti
 h_2 ... interval polovičního úbytku vláken pro 2. typ chlupatosti
 q_1 a q_2 ... parametry popisující vnitřní strukturu příze

Výpočet parametrů h_1 , h_2 , q_1 , q_2 je proveden s využitím lineární regrese a matematické optimalizace.



Obr. 40 Integrální křivky chlupatosti [4]

4.2 Vlastní experiment

4.2.1 Experimentální materiál

K samotnému experimentu byly použity jako experimentální materiál 2 soubory přízí vypředené kompaktní a prstencovou technologií v 5-ti krocích jemnosti (20; 25; 29,5; 35,5 a 45 tex) ze 100 %-ní POPs dodávané pod obchodním názvem Trevon o jemnosti 2,2 dtex a délkou vláken 50 mm. Pro obě technologie byl nastaven stejný optimální zákrut.

4.2.2 Popis zvolených experimentálních metod

Ve vlastním experimentu bylo použito 6 metod, každá pro kompaktní a prstencovou přízi výše uvedených jemností T .

Metoda 1

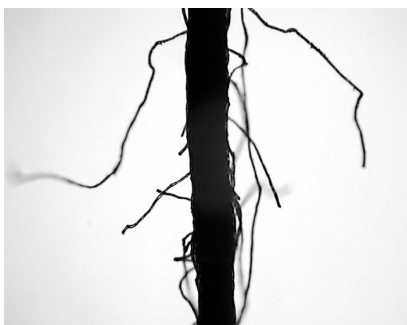
K této metodě bylo použit optický mikroskop. Podélné pohledy na přízi byly snímány pod zvětšením objektivu 4x, které se běžně používá na katedře KTT při hodnocení chlupatosti příze pomocí obrazové analýzy. Výhodou této metody v porovnání s ostatními metodami je rozlišení na 1 pixel. Oproti zbylým metodám je zde nejlepší rozlišení na 1 pixel, což znamená, že je zde nejpřesněji popsán výskyt vláken v okolí příze. Dané rozlišení odpovídalo 2,21 μm na 1 pixel. Touto metodou bylo nasnímáno všech 10 přízí.



Obr. 41 Metoda 1

Metoda 2

Při použití této metody byly jednotlivé příze proměřeny a nasnímány na optickém mikroskopu pod zvětšením objektivu 4x s použitím nástavce o zvětšení 0,6x. Opět zde byly nasnímány podélné obrazy obou typů přízí všech jemností. Rozlišení se zde rovnalo $3,64\text{ }\mu\text{m}$ na 1 pixel. Snímání příze s použitím nástavce se uplatňuje při určování chlupatosti hrubších přízí, jelikož by při klasickém zvětšení objektivu 4x byla vzdálenost od povrchu příze ke kraji měřeného pole menší než trojnásobek průměru příze, a tudíž popisovaná by byla velmi malá vzdálenost.



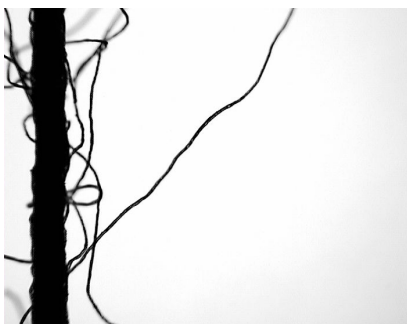
Obr. 42 Metoda 2

Metoda 3

U této metody bylo vzhledem k rozsáhlosti experimentu proměřeno pouze 6 přízí. K měření byly použity 3 kompaktní příze o jemnostech 20 tex; 29,5 tex, 45 tex a 3 prstencové příze o stejných jemnostech jako měly vybrané příze kompaktní, čili 20 tex; 29,5 tex a 45 tex. Příze byly proměřeny na optickém mikroskopu pod zvětšením objektivu 4 x a nástavce 0,6x, tzn. že zde bylo použito nástavce jako v „metodě 2“ s tím rozdílem, že zde příze nebyly umístěny ve středu měřeného pole, ale byly posunuty ke kraji měřeného pole. Při měření přízí umístěných uprostřed obrazu se vyhodnocují obě poloviny příze a tudíž vzdálenost od povrchu příze ke kraji obrazu je omezena šířkou obrazu. Cílem této zkoušky bylo dosáhnout větší pozorované vzdálenosti od kraje příze a získání nových informací o chlupatosti daných přízí na větších poloměrech. Na rozdíl od prvních dvou metod se zde vyhodnocuje pouze pravá polovina obrazu.

Umístění příze bylo voleno s ohledem na to, aby jednotlivé příze měly svou osu přibližně ve stejném místě. Zároveň mezi krajem měřeného pole a „krajem“ příze musel být ponechán určitý volný prostor k tomu, aby bylo správně identifikováno tělo příze a následně se správně určila osa příze. Tento volný prostor byl tudíž největší při měření

nejjemnějších přízí z výběru, tzn, přízí o jemnostech 20 tex. Rozlišení u této metody bylo 3,64 μm na 1 pixel.

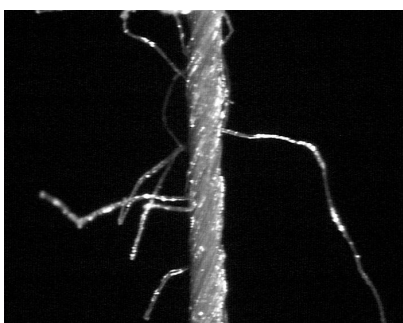


Obr. 43 Metoda 3

Metoda 4

Cílem této metody bylo nastavení stejných podmínek na makroskopu jako u metody 2 (tj. rozlišení 3,64 μm na 1 pixel) měření na mikroskopu a zároveň sledování vlivu osvitů na získaný parametr. Výsledné hodnoty mohly být také ovlivněny variabilitou měřených přízí, ale vzhledem k dostatečnému počtu měření lze předpokládat, že tyto vlivy byly eliminovány.

Jednotlivé příze tedy byly nasnímány pod zvětšením objektivu 4x a zvětšením nástavce 0,6x, které bylo nastaveno na mikroskopu v metodě 2 a metodě 3. Správné nastavení zvětšení makroskopu bylo dosaženo použitím kalibračního sklíčka a znalosti rozlišení na mikroskopu u obou metod. Příze byly umístěny uprostřed měřeného pole. U tohoto pokusu byly proměřeny příze kompaktní i prstencové všech jemností.

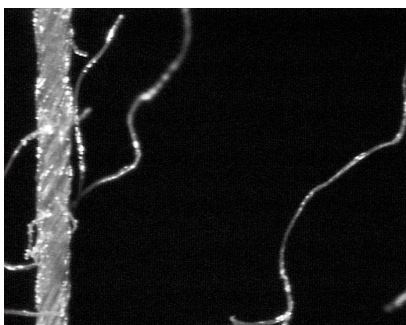


Obr. 44 Metoda 4

Metoda 5

Podélné obrazy na přízi zde byly nasnímány opět na makroskopu. Cílem těchto měření bylo dosáhnout stejných podmínek jako u metody 3, sledovat vliv osvitů a zároveň porovnání získaných hodnot s daty metody 3.

U této zkoušky se tedy pomocí kalibračního sklíčka dosáhlo rozlišení 1 pixel = 3,64 μm , což odpovídá zvětšení objektivu 4x a zvětšení nástavce 0,6x, nastavovaném na mikroskopu. Příze byly proměřovány u kraje měřeného pole a opět se zde vyhodnocovala pouze pravá polovina obrazu. Měřeny byly pouze příze kompaktní a prstencové o jemnostech 20 tex; 29,5 tex a 45 tex.

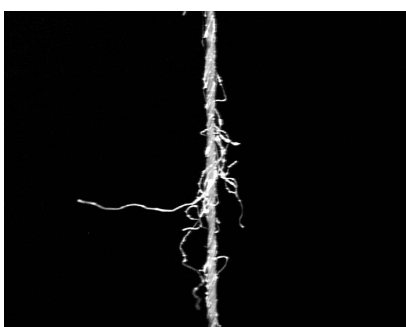


Obr. 45 Metoda 5

Metoda 6

Hlavním cílem této zkoušky bylo pokusit se nastavit co nejmenší možné zvětšení na makroskopu, proměřit zvolené příze pod tímto zvětšením a následně vyhodnotit a porovnat získané hodnoty s daty ostatních zkoušek.

Jako nejmenší možné zvětšení makroskopu se zde ukázalo být zvětšení odpovídající rozlišení 1 pixel = 17 μm . V této metodě byly příze nasnímány uprostřed měřeného pole pouze prstencové a kompaktní příze o jemnostech 20 tex; 29,5 tex a 45 tex.



Obr. 46 Metoda 6

Značení metod v grafu:

Jednotlivé typy získaných experimentálních dat jsou pro jednoduchost odlišeny :

mikro \triangle

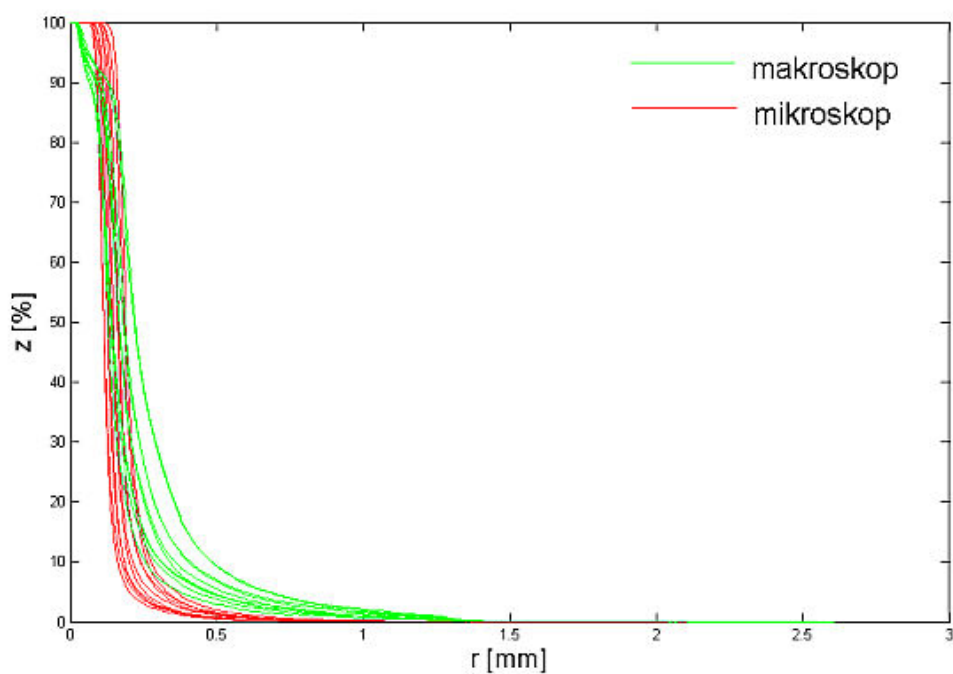
P prstencová příze

makro \square

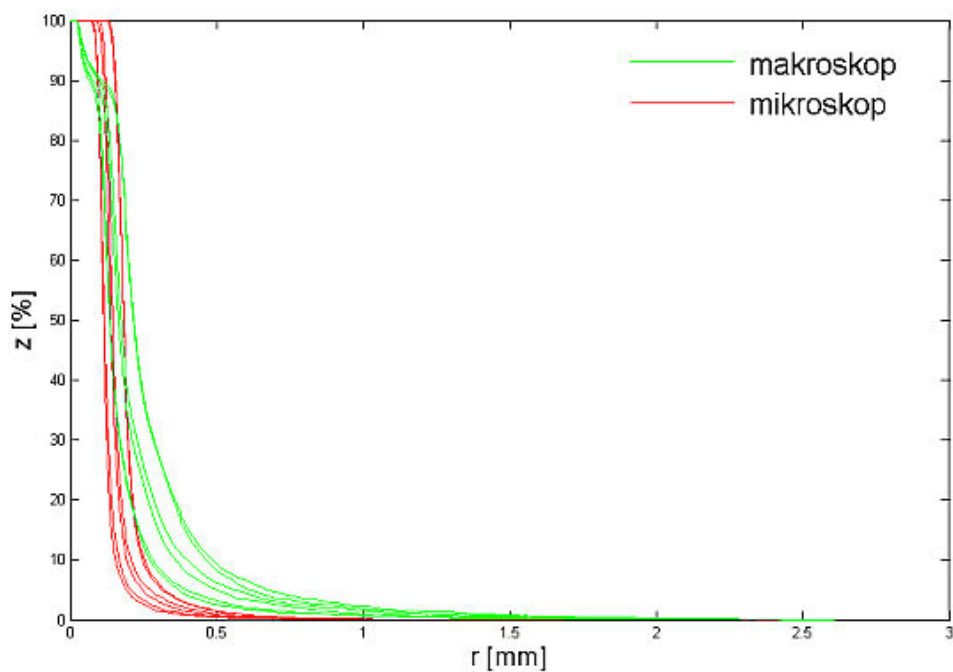
C kompaktní příze

4.3 Hodnocení výsledků

4.3.1 Hodnocení experimentálních křivek zčernání



Obr. 47 Experimentální křivky zčernání (metoda 2 a 4)



Obr. 48 Experimentální křivky zčernání (metoda 3 a 5)

Diskuze

Na obr. 47 je graf experimentálních křivek zčernání. Graf se sestává z 20 křivek, které reprezentují 20 přízí. Z těchto 20 přízí bylo 5 přízí kompaktních a 5 přízí prstencových o jemnostech 20; 25; 29,5; 35,5 a 45 tex proměřeno na mikroskopu a obdobně stejné příze o stejné jemnosti byly proměřeny pod makroskopem. U všech 20 přízí bylo rozlišení 3,64 μm na 1 pixel.

Tvary „mikroskopických“ a „makroskopických“ experimentálních křivek zčernání vykazují značné odlišnosti v horní oblasti grafu, tj. tam, kde se hodnota zčernání pohybuje zhruba mezi 85-100 %, jako podobné se jeví v místech, kde zčernání je asi 65 – 85 % a od střední oblasti grafu směrem k nižším hodnotám zčernání dochází k dalším podstatným odlišnostem.

Dle krycí konvence leží poloměr r_{cover} v místech, kde zčernání $Z = 50\%$. Po odečtení poloměru r_{cover} z jednotlivých křivek je zřejmé, že „makroskopické“ poloměry příze vedou k větším hodnotám než poloměry „mikroskopické“ a z toho vyplývající i vyšší hodnoty chlupatosti.

Na obr. 48 jsou vykresleny experimentální křivky zčernání kompaktních a prstencových přízí o jemnostech 20; 29,5; 45 tex nasnímaných na mikroskopu a kompaktních a prstencových přízích o jemnostech 20; 29,5; 45 tex nasnímaných na makroskopu. Rozlišení pro všechny příze zde bylo 3,64 μm na 1 pixel. Příze byly snímány metodou č.3 a č.5, tzn. že byly umístěny na kraji měřeného pole.

Podobně jako na obr. 46 „mikroskopické“ a „makroskopické“ experimentální křivky zčernání se podstatně odlišují v horní a spodní části grafu. Po odečtení 50 % zčernání Z je zřejmé, že krycí poloměr r_{cover} bude dosahovat vyšších hodnot u přízí nasnímaných na makroskopu a zároveň lze u nich očekávat i vyšší hodnoty integrálních charakteristik (tj. měřené chlupatosti) v porovnání s přízemi proměřenými na mikroskopu.

Určitým vysvětlením odlišností experimentálních křivek zčernání pro mikroskop a makroskop může být rozdíl mezi horním osvětlením (u makroskopu) a spodním osvětlením (u mikroskopu) a barva měřených POP přízí (šedivá).

Při použití horního osvětlení byla příze osvětlena osově, dvěma světly umístěnými proti sobě, „v tečném směru“, aby byly kraje a povrch příze co nejlépe osvětlené. Dopadající paprsky svíraly s rovinou dopadu (povrchem příze) minimální úhel. Naproti tomu u spodního osvětlení procházely jednotlivé paprsky kolmo k přízi.

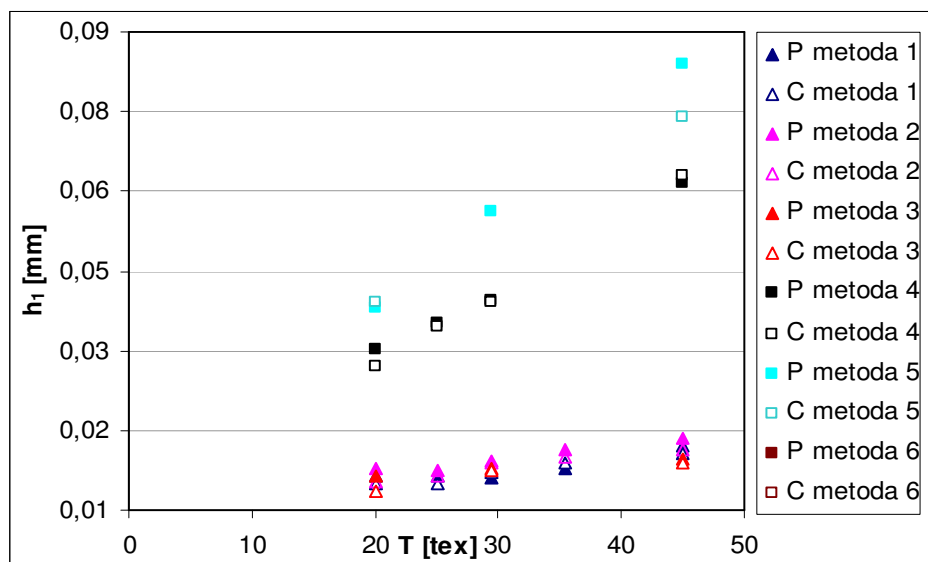
Odlišnosti v horní oblasti zčernání, tj. kompaktní části příze, lze vysvětlit představou určitých stínů. Pokles „makroskopických“ křivek v této oblasti je doprovázen vznikem tmavých míst na přízi (černých pixelů). Tato tmavá místa mohla být způsobena tím, že některá vlákna příze vrhala stín na sousední vlákna, a protože je u horního osvětlení tmavé pozadí a příze světlá (u mikroskopu je tomu naopak), sledované zčernání je zde vlastně „zbělení“. Tudíž tmavá místa na přízi v kompaktní části příze vedla ke snížení počtu bílých pixelů a zvýšení počtu černých pixelů, což mělo za následek předčasný pokles křivky zčernání (zde zbělení). Naproti tomu u „mikroskopických“ křivek v této oblasti světlo nemohlo projít, poněvadž bylo pohlceno přízí.

Zbývající část grafu, ve které se křivky od sebe odlišují poukazuje na větší poloměr a chlupatost „makroskopických“ křivek. Vlákna na kraji příze se zde jeví světlejší, než je tomu u křivek „mikroskopických“. Průchod světla mikroskopem má tedy za následek určité zeštíhlení průměru příze. Vlákna v krajích příze mají tendenci jevit se světlejší a tenčí, než ve skutečnosti jsou.

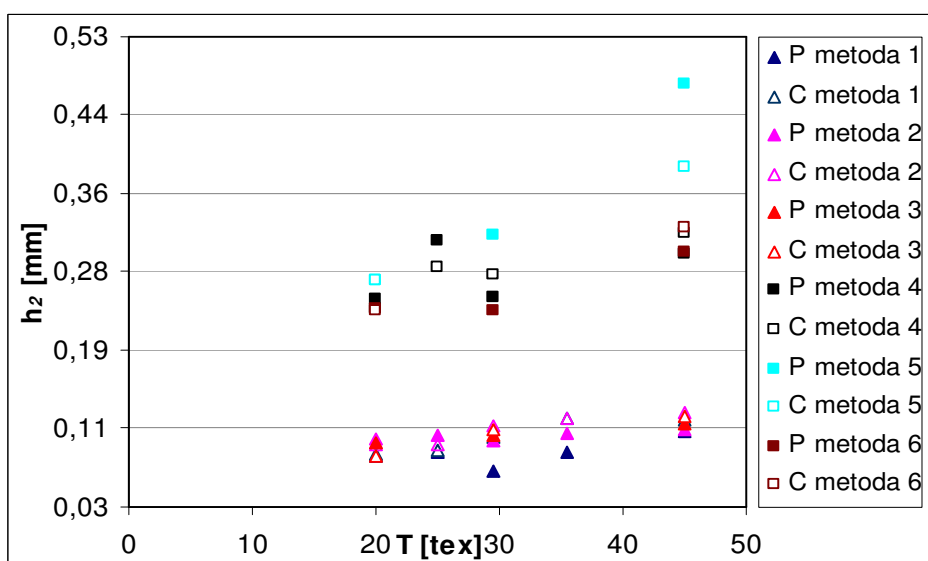
V periferní oblasti opět dominují příze z makroskopu. Nedochází zde k uplatnění efektu stínu, jednotlivá osamocená vlákna jsou osvětlena ze všech stran, tudíž se vlákna pod horním osvětlení zdají být světlejší a objemnější, než vlákna pod mikroskopem, kde dochází v této oblasti k opačnému jevu, tzn. že se světlo láme na krajích vlákna a zeštíhluje ho.

Důležitým aspektem, který zde nelze opominout, je vliv barvy měřených přízí. K experimentu byly použity šedivé POP příze, jejichž optické vlastnosti pravděpodobně přispěly k výrazným diferencím zobrazených ve výše uvedeném grafu. Světelné paprsky se různě lámou a pohlcují na povrchu vláken odlišné barvy.

4.3.2 Hodnocení výsledků zvolených metod

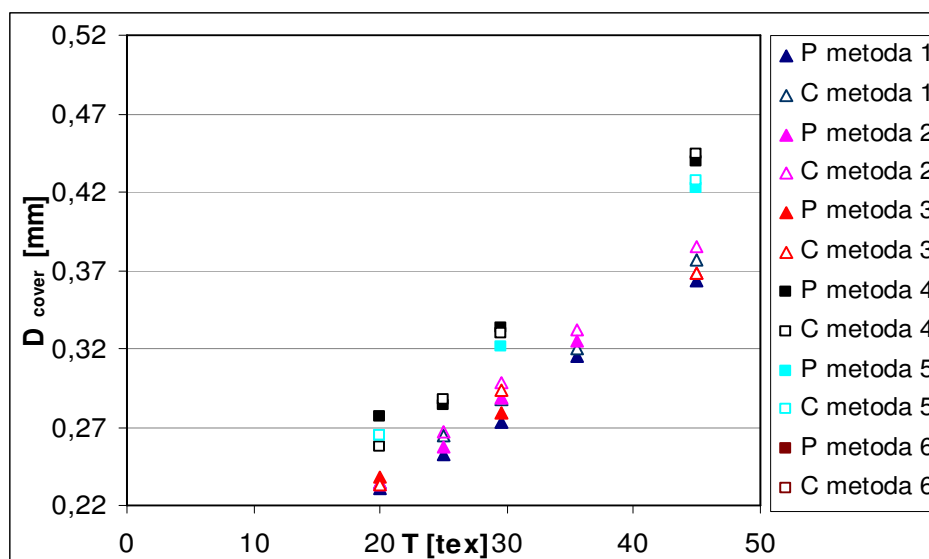


Obr. 49 Závislost intervalu polovičního úbytku h_1 na jemnosti T

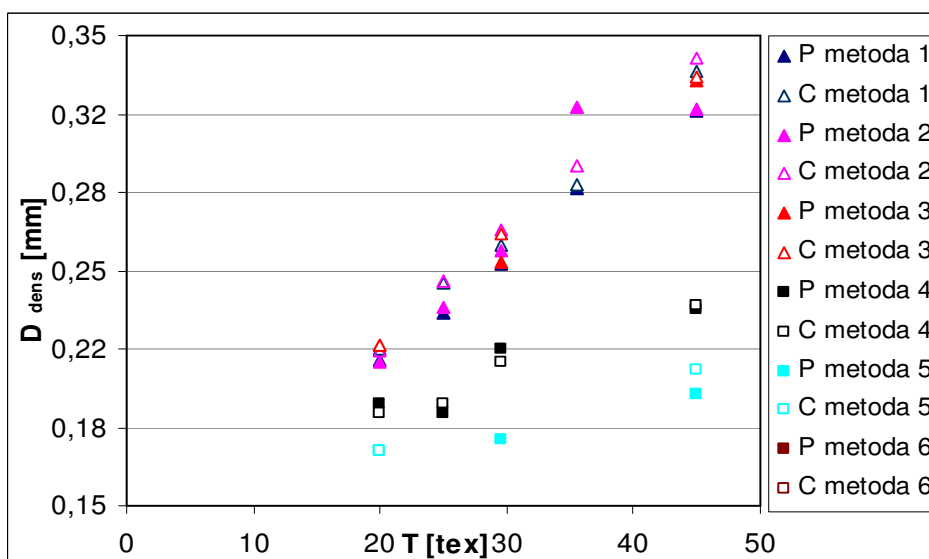


Obr. 50 Závislost intervalu polovičního úbytku h_2 na jemnosti T

Na obr. 49 a obr. 50 je znázorněn graf závislosti intervalu polovičního úbytku vláken kratší komponenty h_1 , respektive h_2 na jemnosti příze T . Interval polovičního úbytku vláken h znamená, že při zvětšení libovolného poloměru r o hodnotu h dochází ke snížení počtu vláken procházející poloměrem $r + h$ na polovinu, nebo také že pouze polovina konců vláken protínající poloměr h , protne i poloměr $r + h$.



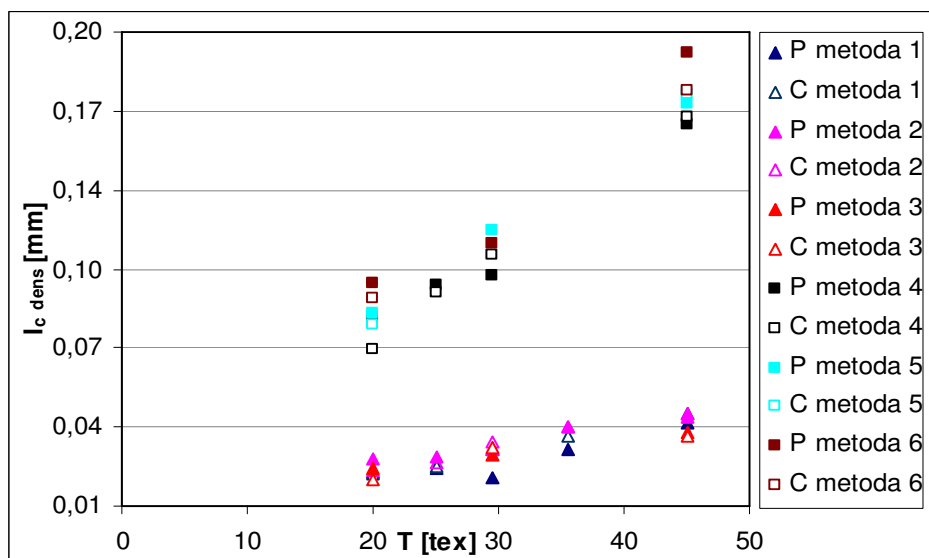
Obr. 51 Závislost krycího průměru D_{cover} na jemnosti T



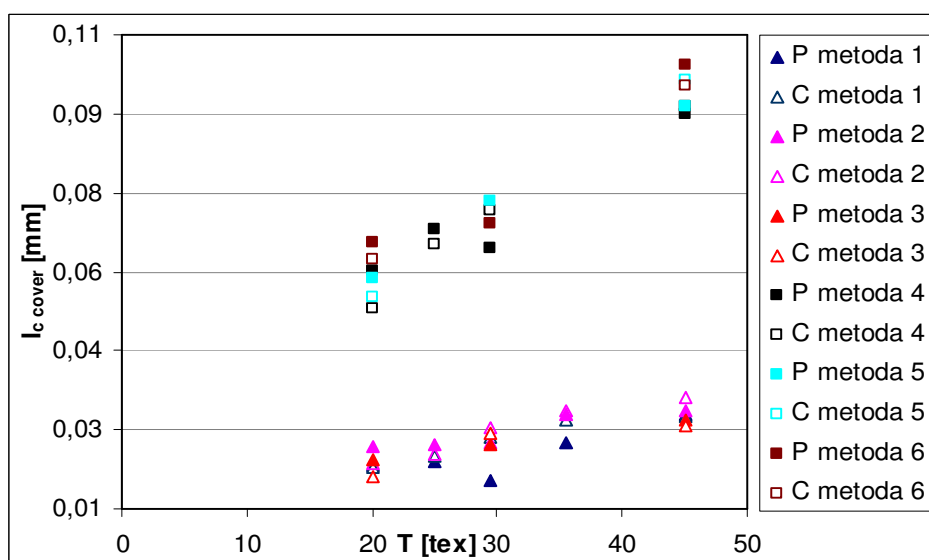
Obr. 52 Závislost hustotního průměru D_{dens} na jemnosti T

Obrázek 51 popisuje závislost krycího průměru D_{cover} na jemnosti T . Dle krycí konvence se krycí průměr D_{cover} stanovuje z průběhu experimentální křivky zčernání Z , kde hodnota D_{cover} odpovídá 50% zčernání Z .

Hustotní průměr příze D_{dens} (obr. 52) se podle hustotní konvence stanovuje z hodnoty zaplnění $\mu = 0,11$. Oproti krycímu průměru D_{cover} je hodnota hustotního průměru D_{dens} menší, takže popisuje tu část příze, kde je větší míra stěsnání vláken.



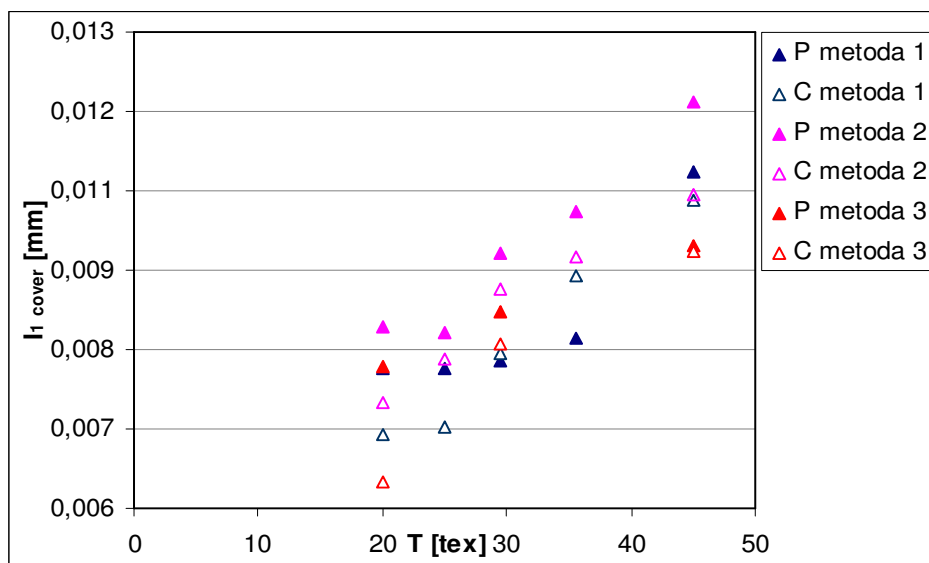
Obr. 53 Závislost integrálové charakteristiky $I_{c\ dens}$ na jemnosti T



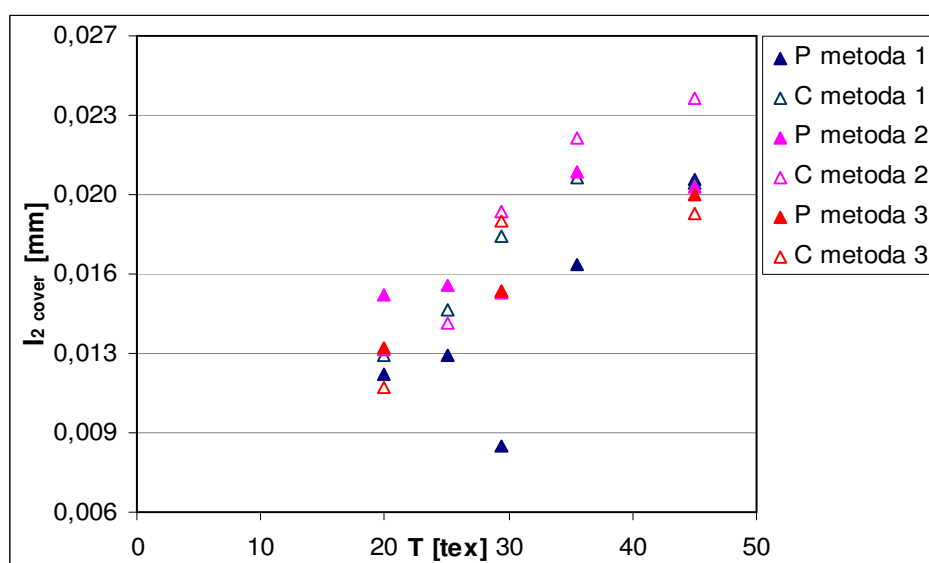
Obr. 54 Závislost integrálové charakteristiky $I_{c\ cover}$ na jemnosti T

Na obr. 53 je uvedena závislost integrálové charakteristiky $I_{c\ dens}$ na jemnosti T . $I_{c\ dens}$ je integrálová charakteristika, která vyjadřuje celkovou hodnotu chlupatosti příze. Jedná se o integrál počítaný od hustotního průměru D_{dens} , který se stanovuje z hodnoty zaplnění $\mu = 0,11$.

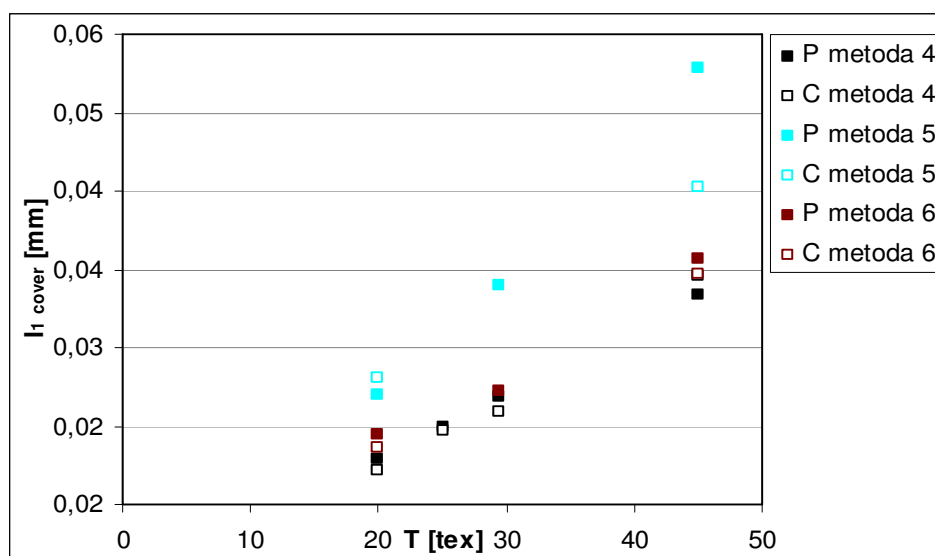
Integrálová charakteristika $I_{c\ cover}$ (obr. 54) popisuje hodnotu celkového integrálu počítaného od krycího průměru D_{cover} , který se stanovuje z experimentální křivky zčernání jako hodnota odpovídající 50% zčernání.



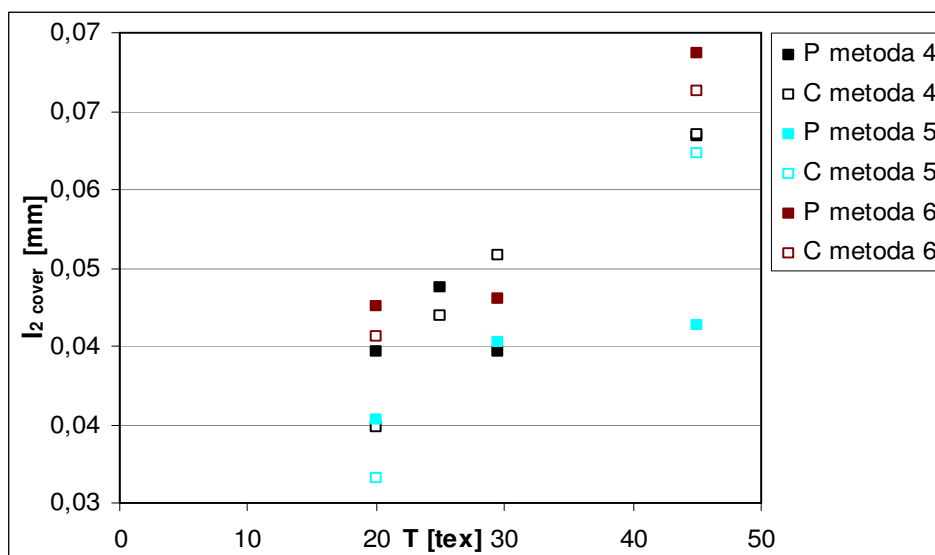
Obr. 55 Závislost integrálové charakteristiky $I_{1\ cover}$ na jemnosti T



Obr. 56 Závislost integrálové charakteristiky $I_{2\ cover}$ na jemnosti T

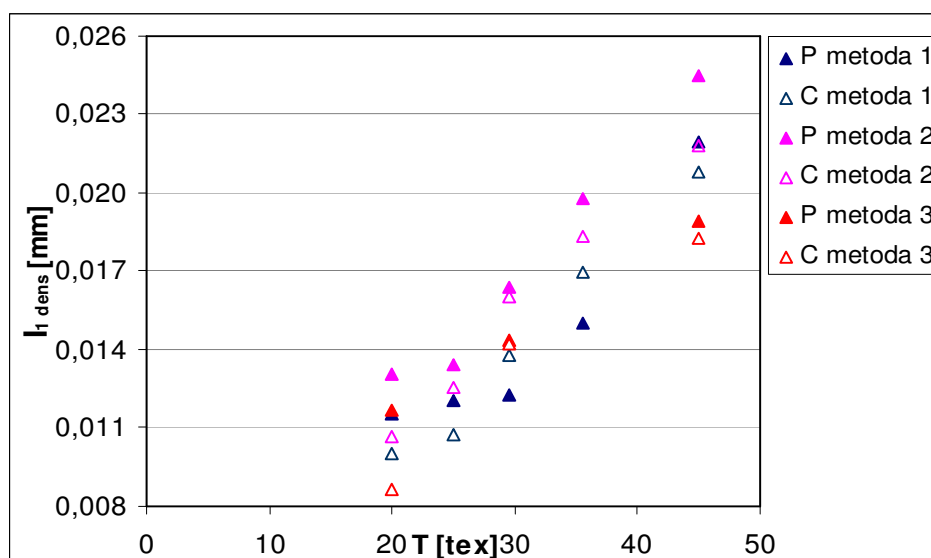


Obr. 57 Závislost integrálové charakteristiky $I_{1\ cover}$ na jemnosti T

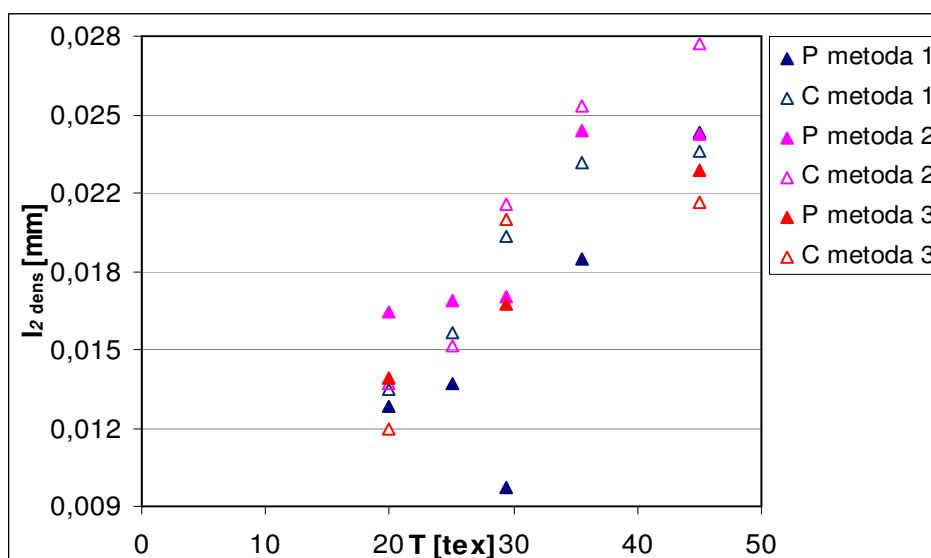


Obr. 58 Závislost integrálové charakteristiky $I_{2\ cover}$ na jemnosti T

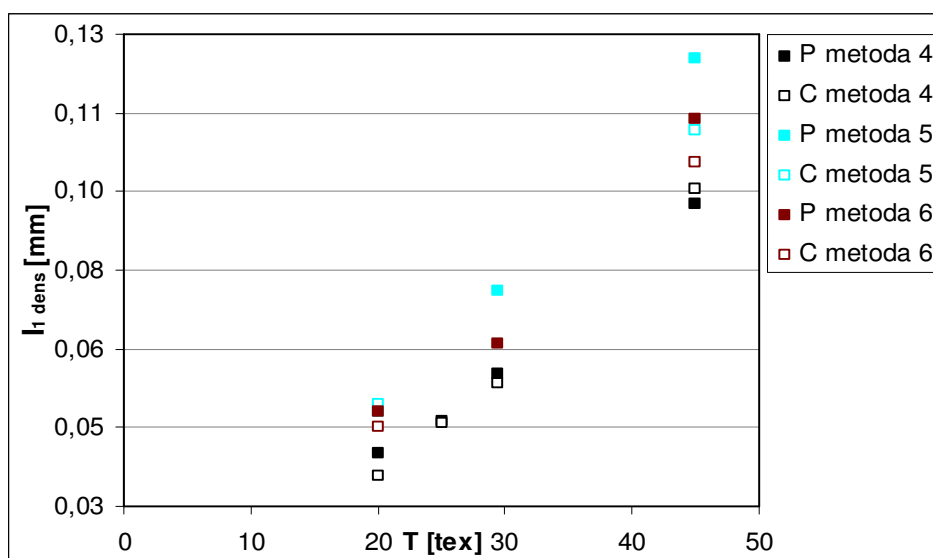
Závislost integrálních charakteristik $I_{1,2\ cover}$ na jemnosti T je znázorněna na obr. 55, 56, 57 a 58. Integrály $I_{1,2\ cover}$ popisují kratší, resp. delší komponentu příze a počítají se od krycího průměru D_{cover} , který se odečítá z hodnoty zčernání $Z = 50\%$.



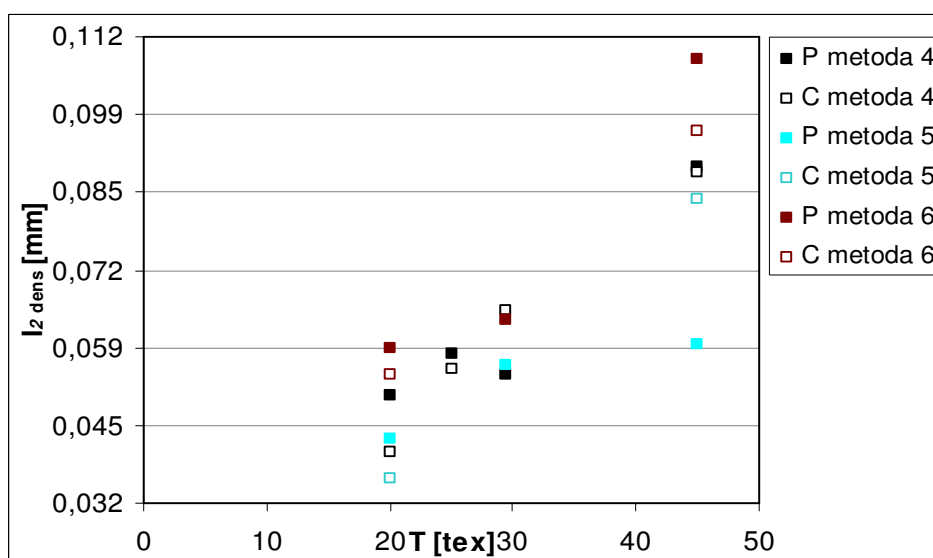
Obr. 59 Graf závislosti integrálové charakteristiky $I_{1\ dens}$ na jemnosti T



Obr. 60 Graf závislosti integrálové charakteristiky $I_{2\ dens}$ na jemnosti T



Obr. 61 Graf závislosti integrálové charakteristiky $I_{1\ dens}$ na jemnosti T



Obr. 62 Graf závislosti integrálové charakteristiky $I_{2\ dens}$ na jemnosti T

Na obr. 59 a 61 je uvedena závislost chlupatosti první a na obr. 60 a 62 závislost druhé komponenty (tj. kratších a delších vláken) na jemnosti T . Chlupatost je zde reprezentovaná integrálními charakteristikami $I_{1\ dens}$ a $I_{2\ dens}$, jenž představují integrály od hustotního průměru D_{dens} , který se určuje dle hustotní konvence z hodnoty zaplnění $\mu = 0,11$.

Diskuze:

Z grafu na obr. 49 je patrné, že s rostoucí jemností přízí roste hodnota parametru h_1 jak pro příze měřené na makroskopu, tak i pro příze měřené na mikroskopu. Je zřejmé, že markantnější nárůst parametru h_1 vykazují makroskopicky měřené příze, také lze konstatovat, že příze měřené metodou 5 dosahují největších hodnot parametru h_1 . Z toho plyne, že čím větší pole se v okolí příze zpracovává pomocí makroskopu, tím větších hodnot h_1 jednotlivé příze nabývají, a tím pomalejší je pokles vláken kratší komponenty. U mikroskopické metody 3, která je obdobou makroskopické metody 5, se však tento jev nepotvrdil.

Podobný trend jako u grafu je zde vidět na obr. 50, kde s rostoucí jemností rostou hodnoty parametru h_2 , a to výrazněji u h_2 než u h_1 (na obr.49). Z toho je zřejmé, že pokles krátkých vláken směrem od těla příze je mnohem rychlejší, než pokles dlouhých vláken. Z grafu na obr. 50 je dále možno vyčíst rychlejší růst hodnot h_2 u makroskopicky měřených přízí než u přízí měřených pod mikroskopem a také to, že největší hodnoty h_2 dosahovaly příze měřené metodou 5, tak jako u grafu na obr. 49. Celkově je možné konstatovat, že nárůst souvisí s nárůstem počtu vláken v průřezu příze, čímž se zvyšuje výskyt vláken v oblasti chlupatosti. Hrubší příze vykazují vyšší hodnoty h_1 a h_2 .

V grafu na obr. 51 je uvedena závislost krycího průměru D_{cover} na jemnosti T . Se zvyšující se jemností rostou hodnoty krycích průměrů u všech měřených přízí, výrazněji u přízí, jenž byly proměřovány na makroskopu.

Z naměřených hodnot průměrů jednotlivých přízí (viz obr. 52) vyplývá jejich růst v závislosti na jemnosti, což se výrazněji projevuje u mikroskopicky měřených průměrů přízí. Nejnižší hodnoty hustotního průměru D_{dens} vykazují příze měřené metodou 5. Růst krycích a hustotních průměrů v závislosti na jemnosti T je dán tím, že s rostoucí jemností roste počet vláken v přízi a s tím i hodnoty jednotlivých průměrů.

Z grafu na obr. 53 je vidět, že hodnoty integrálu $I_{c\ dens}$ pro jednotlivé příze rostou se zvyšující se jemností. Příze měřené na makroskopu vykazují větší hodnoty chlupatosti než příze proměřené na mikroskopu. Lze tedy konstatovat, že plocha pod křivkou $I_{c\ dens}$, vyjadřující chlupatost daných přízí, nabývá nejvyšších hodnot u hrubých přízí a

nejmenších hodnot u přízí jemných. Příčinou růstu chlupatosti je nárůst počtu vláken v příčném řezu příze v závislosti na jemnosti.

Podle grafu na obr. 54 je hodnota integrálu $I_{c\ cover}$ několikanásobně vyšší u přízí měřených na makroskopu, které vykazují i strmější růst hodnot $I_{c\ cover}$ v závislosti na jemnosti T ve srovnání s přízemi naměřenými na mikroskopu. Obdobně jako u $I_{c\ dens}$, integrál $I_{c\ cover}$ reprezentující celkovou chlupatost příze počítanou od krycího průměru D_{cover} , nabývá nejmenších hodnot u jemných přízí, a s nárůstem jemnosti doprovázeným zvýšeným počtem vláken v příčném řezu příze dochází k růstu hodnot $I_{c\ cover}$ u hrubších přízí, což znamená, že nejhrubší příze vykazují nejvyšší chlupatost.

Z obr. 55 a 56 se dá vyčíst (kromě odlehle hodnoty prstencové příze o jemnosti 29,5 *tex* měřené metodou 1) růst jednotlivých hodnot integrálů obou typů chlupatosti v závislosti na zvyšující se jemnosti příze T , což je způsobeno rostoucím počtem vláken v příčném řezu příze.

Při porovnání hodnot prstencových a kompaktních přízí pro $I_{l\ cover}$ dle obr. 55 je zřejmé, že prstencové příze vykazují vyšší hodnoty prvního typu chlupatosti (tj. kratší komponenty) oproti přízím kompaktním. Výrazněji je to vidět u přízí měřených metodou 2 a metodou 3.

U druhého typu chlupatosti dosahují nejvyšších hodnot $I_{2\ cover}$ hrubší kompaktní příze měřené metodou 2 a u jemných přízí to jsou příze prstencové, také měřené metodou 2. Z celkového porovnání obou druhů přízí pro delší komponentu se zdají být „chlupatější“ příze kompaktní, ačkoliv rozdíl není nijak velký.

Z obr. 57 a obr. 58 je patrný růst krycích integrálů $I_{1,2\ cover}$ v závislosti na jemnosti T . Prstencové příze se zde v obou případech vyznačují trochu větší chlupatostí oproti přízím kompaktním.

Hodnoty integrálů $I_{1,2\ dens}$ pro oba druhy přízí se vyznačují růstem v závislosti na jemnosti T , vyjma hodnot $I_{2\ dens}$ u prstencové příze o jemnosti 29,5 *tex* měřené metodou č.1 a prstencové příze o jemnosti 45 *tex* měřené metodou č.2. V grafu na obr. 59 převládají, co se chlupatosti týče, prstencové příze nad kompaktními, takže lze říci, že měřené prstencové příze mají větší množství krátkých chlupů vystupujících z povrchu příze než kompaktní příze.

Naproti tomu u I_2_{dens} (obr. 60), tj. integrální charakteristiky popisující delší komponentu příze, se vyznačují o trochu větší chlupatostí příze kompaktní, které tedy obsahují o něco větší podíl delších vláken v porovnání s prstencovými přízemi.

Podle grafu z obr. 61 vykazují nepatrně větší množství kratších chlupů příze prstencové oproti přízím kompaktním, a stejně tomu je i dle grafu na obr. 62, kde hodnoty chlupatosti prstencových přízí týkající se delších chlupů mírně převyšují hodnoty přízí kompaktních.

Z důvodu ne dosti jasné nehomogenitě dat a numerické metodě na vyhledávání nebylo možné vyhodnotit 4 ze 48 souborů experimentálních dat.

5. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo upravit stávající metodiku měření chlupatosti pomocí obrazové analýzy Lucia a rozšířit její oblast působení, tzn. prozkoumat možnosti této metodiky (měřenou vzdálenost, sledování vlivu rozlišení a osvitu). K tomuto účelu byl použit optický mikroskop, pomocí kterého lze prozkoumat oblasti blízkých průměru příze. Takto bylo doposud možné popsat chování vláken ve vzdálenosti asi 0,05 až 0,4 mm od povrchu příze. Ke sledování chování odstávajících vláken ve větších vzdálenostech od průměru příze byl použit optický makroskop a zvolené metody měření. Jednotlivé měřené vzdálenosti jsou ilustrativně uvedeny v příloze.

Při porovnání experimentálních křivek zčernání a parametrů chlupatosti použitých přízí bylo zjištěno, že metody měření chlupatosti pomocí mikroskopu a makroskopu nejsou identické, avšak potvrdily se všeobecné trendy pro jednotlivé parametry chlupatosti, např. že intervaly polovičního úbytku vláken h_1 a h_2 mají tendenci růst v závislosti na zvyšující se jemnosti, kdežto např. zaplnění $\mu_{1,2 \text{ dens}}$ měřené od hustotního průměru D_{dens} není závislé na jemnosti. Také se potvrdilo, že krycí průměr D_{cover} je větší než hustotní průměr D_{dens} .

Z porovnání konečných hodnot parametrů chlupatosti kompaktních a prstencových přízí vyplývá nejednoznačný vliv technologie výroby daných přízí. Dále lze konstatovat, že se ve výsledcích měření výrazně neprojeví rozdíly v hodnotách chlupatosti v závislosti na zvoleném umístění příze v měřeném poli, což mohlo být způsobeno nízkým počtem dlouhých odstávajících chlupů jednotlivých přízí a také zvoleným měřicím přístrojem a rozdílným způsobem osvětlení příze. Jiný typ osvětlení přináší jiné výsledky. Velký vliv v tomto experimentu na výsledných hodnotách chlupatosti, získaných z pořizování snímků příze pomocí makroskopu, mohla mít šedivá barva měřených POP přízí.

Z výsledků tohoto rozsáhlého experimentu (celkově bylo nasnímáno 38400 podélných pohledů na přízi) lze doporučit případné studování vlivu osvitu na chlupatost příze v závislosti na barvě měřené příze. Dále je možné prostudovat vliv natočení vláken vůči směru horního osvětlení.

6. Literatura

- [1] HARISSON, P.W.: *Yarn hairiness*, A critical appreciation of recent developments by A. Barella, The Textile Institute, England, 1983.
- [2] NECKÁŘ, B.: *Příze*. Tvorba, struktura, vlastnosti., SNTL, Praha, 1990.
- [3] NECKÁŘ, B.: *Chlupatost příze, Část 1: Teoretický model chlupatosti*, Sborník 7. konference STRUTEX, Technická univerzita v Liberci, Liberec, 2000.
- [4] VOBOROVÁ, J.: *Chlupatost a průměry přízí*. Souhrnná zpráva, Technická univerzita v Liberci, Liberec, 2002.
- [5] NECKÁŘ, B.: *A stochastic model of yarn hairiness*, Technická univerzita v Liberci, Liberec, 2002.
- [6] VOBOROVÁ, J.: Diplomová práce „*Metoda měření chlupatosti příze*“, Technická univerzita v Liberci, Liberec, 2001.
- [7] VOBOROVÁ, J.: Interní norma č. 22-102-01/01 *Průměr a chlupatost příze*, Technická univerzita v Liberci, Liberec, 2004.
- [8] NECKÁŘ, B.: *Chlupatost příze, Část 2: Metodika vyhodnocování chlupatosti*, Sborník 7. konference STRUTEX, Technická univerzita v Liberci, Liberec, 2000.
- [9] BARELLA, A., MANICH, A.M.: *Yarn Hairiness: A Further Update*, The Textile Institute, 2002.
- [10] NECKÁŘ, B., VOBOROVÁ, J.: A Theoretical Model and Experimental Method for Evaluation of Yarn Hairiness, 2002.
- [11] NECKÁŘ, B.: *Chlupatost příze, Část 2: Metodika vyhodnocování chlupatosti*, Sborník 7. konference STRUTEX, Technická univerzita v Liberci, Liberec, 2000.

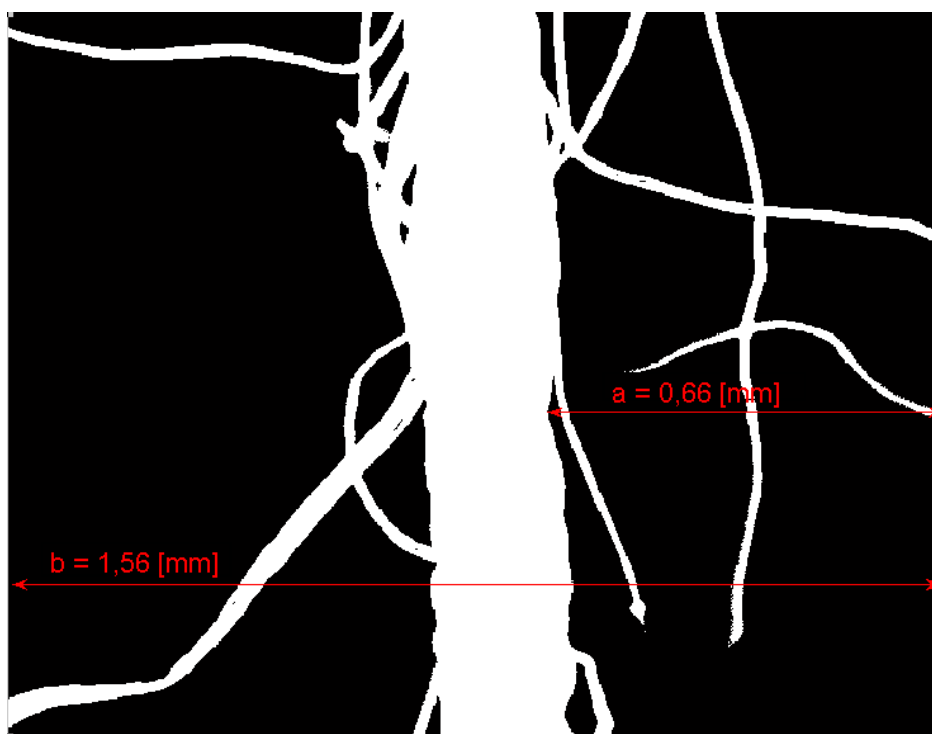
Internetové stránky:

- [12] <http://www.shikitec.com/pdf/f-e.pdf>
- [13] <http://www.zweigle.com/zweigle/products/ZT5.htm>
- [14] <http://www.freepatentsonline.com/5875419.html>
- [15] <http://www.freepatentsonline.com/4948260.html>
- [16] <http://www.meinersdel.com/promo/yhm4-leaf.PDF>

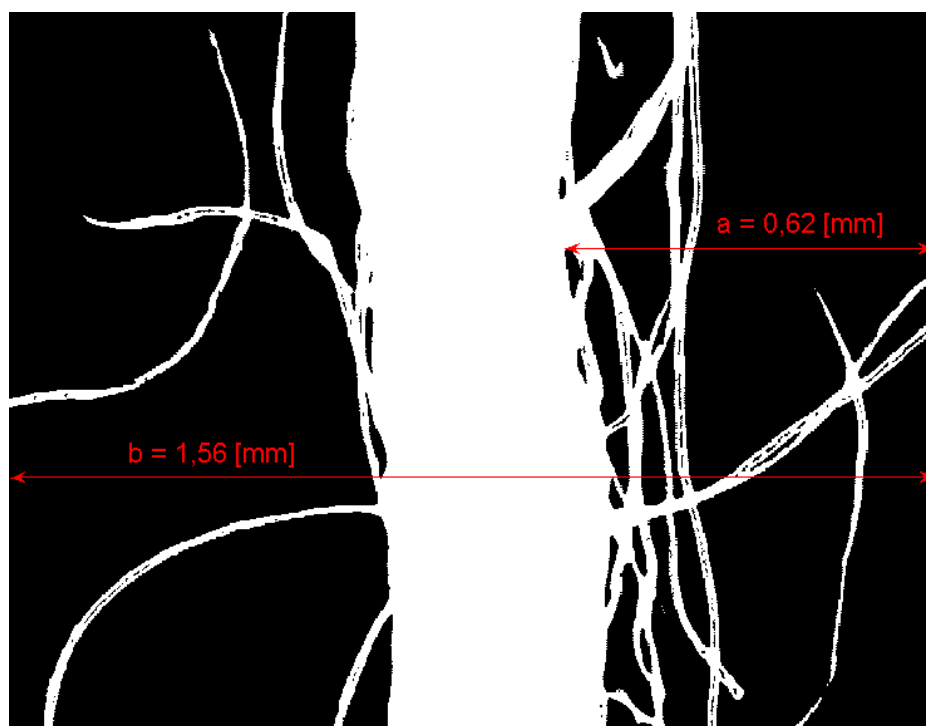
- [17] <http://www.izumiinternational.com/textmech/machines/hairycount.html>
- [18] <http://www.ptj.com.pk/Web%202003/2-2003/uster.htm>
- [19] <https://e-revistas.upc.edu/bitstream/2099/1714/1/TREBALL7.pdf>
- [20] <http://www.lib.ncsu.edu/theses/available/etd-08112005-165814/unrestricted/etd.pdf>
- [21] <http://business.vsnl.com/balasubramanian/hairiness.html>
- [22] http://redorbit.com/news/science/541259/compact_spinning_effect_on_cotton_yarn_quality_interactions_with_fiber/index.html
- [23] <http://www.cottoninc.com/2000ConferencePresentations/NewMethodSpinningHighQualityRingYarns.pdf?CFID=2759367&CFTOKEN=96574526>
- [24] http://www.sdlatlas.com/html/y096_098.html
- [25] <http://www.lib.ncsu.edu/theses/available/etd-08112005-165814/unrestricted/etd.pdf>
- [26] <http://www.lawsonhemphill.com/>
- [27] http://66.249.93.104/translate_c?hl=en&sl=pt&u=www.fbet.com.br/phpfbet/picl

Seznam příloh

Příloha I

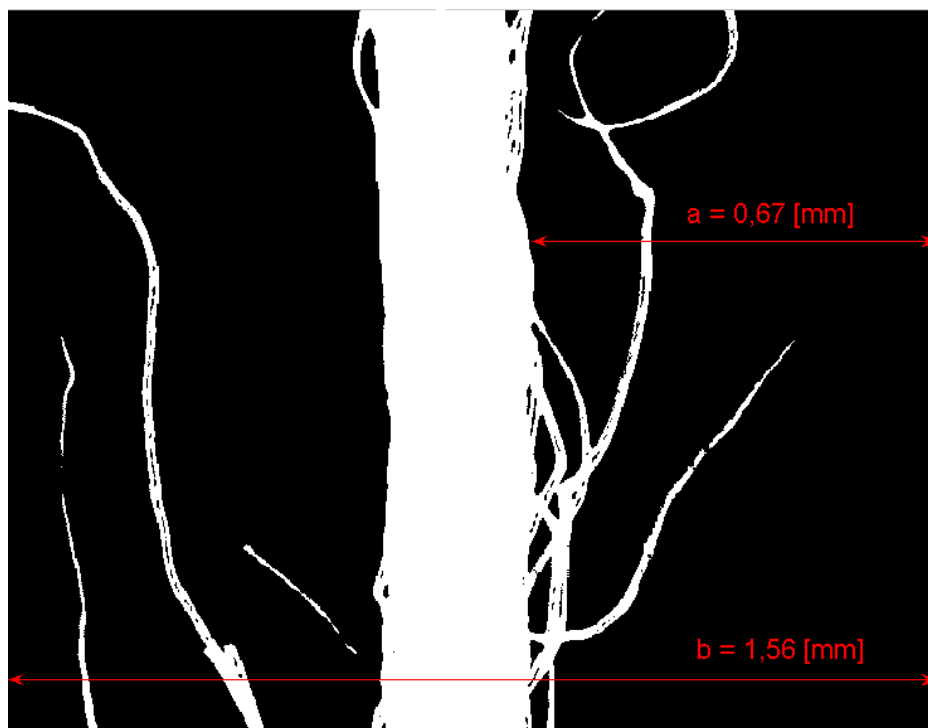


Obr. 1 Binární snímek kompaktní přize o jemnosti $T = 20 \text{ [tex]}$ – METODA č.1

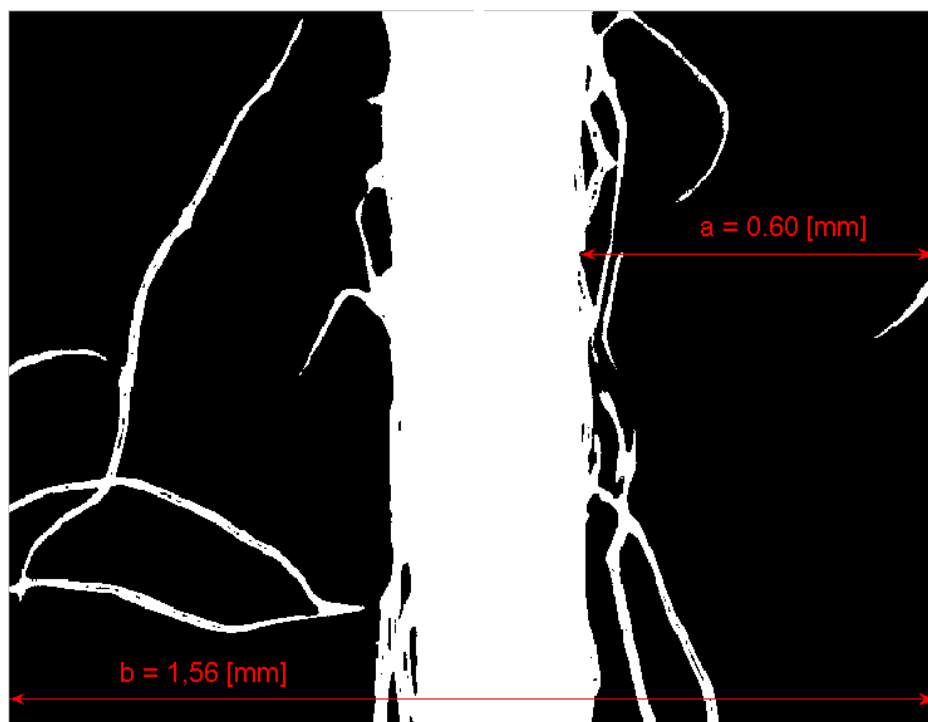


Obr. 2 Binární snímek kompaktní přize o jemnosti $T = 45 \text{ [tex]}$ – METODA č.1

Příloha II

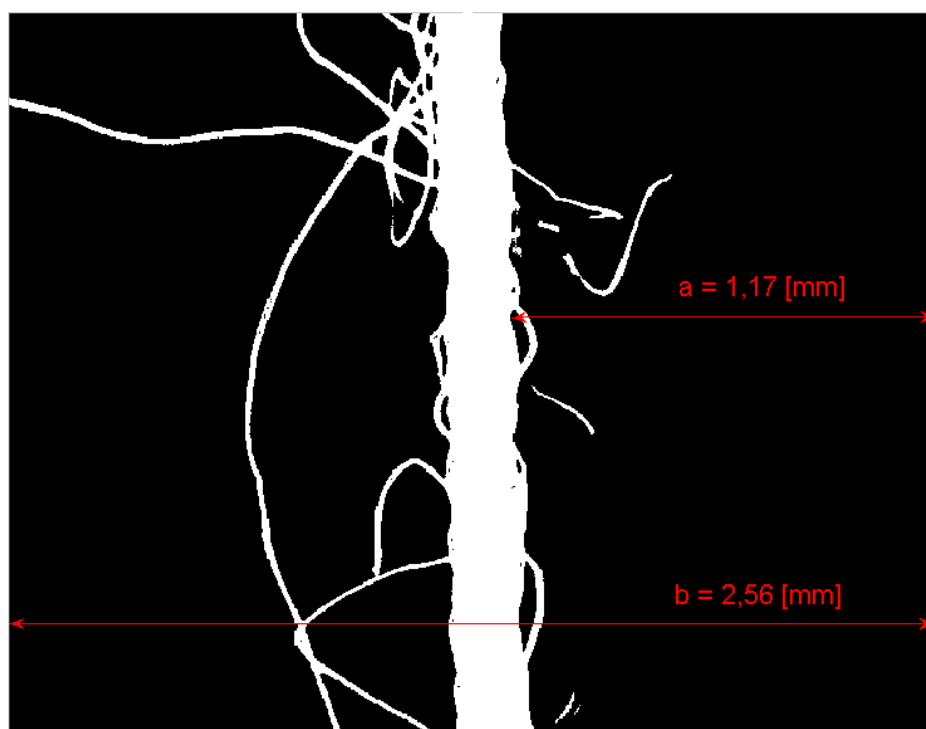


Obr. 3 Binární snímek prstencové přize o jemnosti $T = 20$ [tex] – METODA č.1

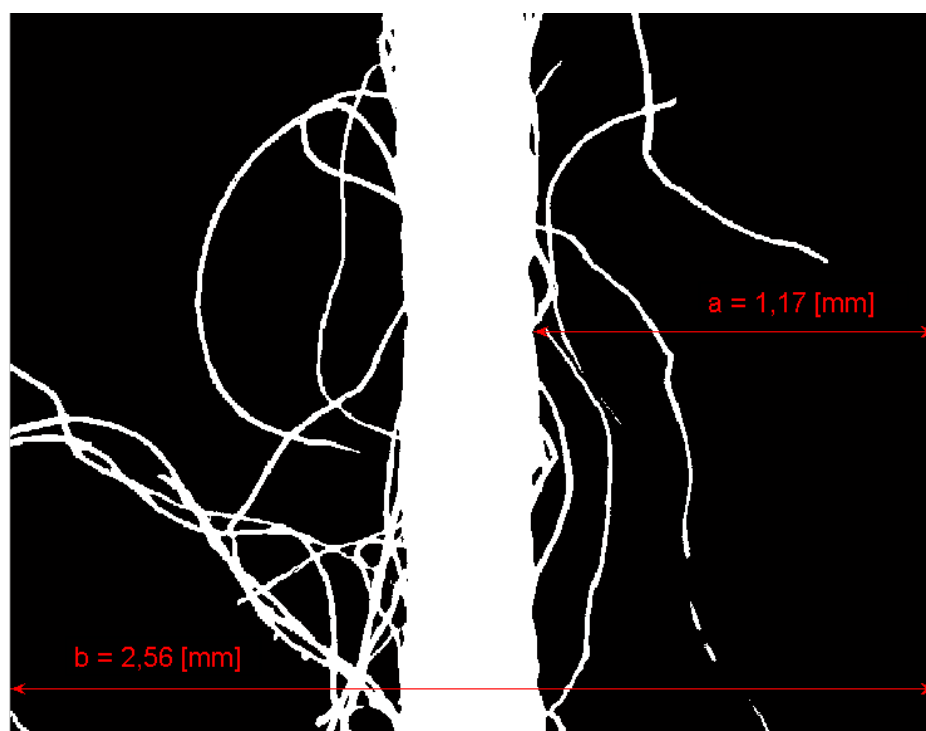


Obr. 4 Binární snímek prstencové přize o jemnosti $T = 45$ [tex] – METODA č.1

Příloha III

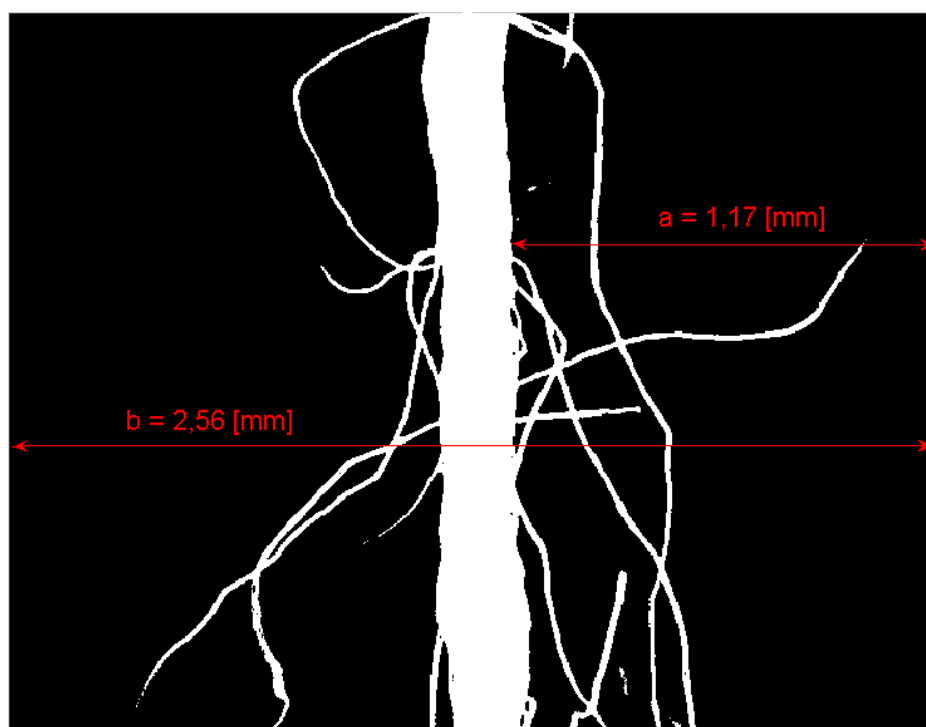


Obr. 5 Binární snímek kompaktní přize o jemnosti $T = 20 \text{ [tex]}$ – METODA č.2

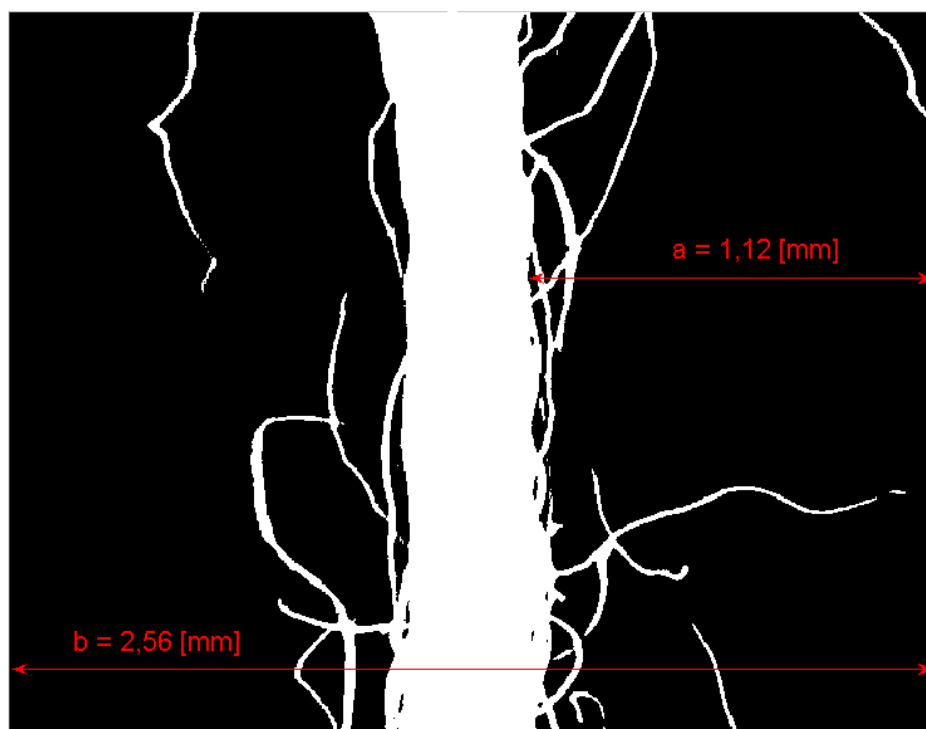


Obr. 6 Binární snímek kompaktní přize o jemnosti $T = 45 \text{ [tex]}$ – METODA č.2

Příloha IV

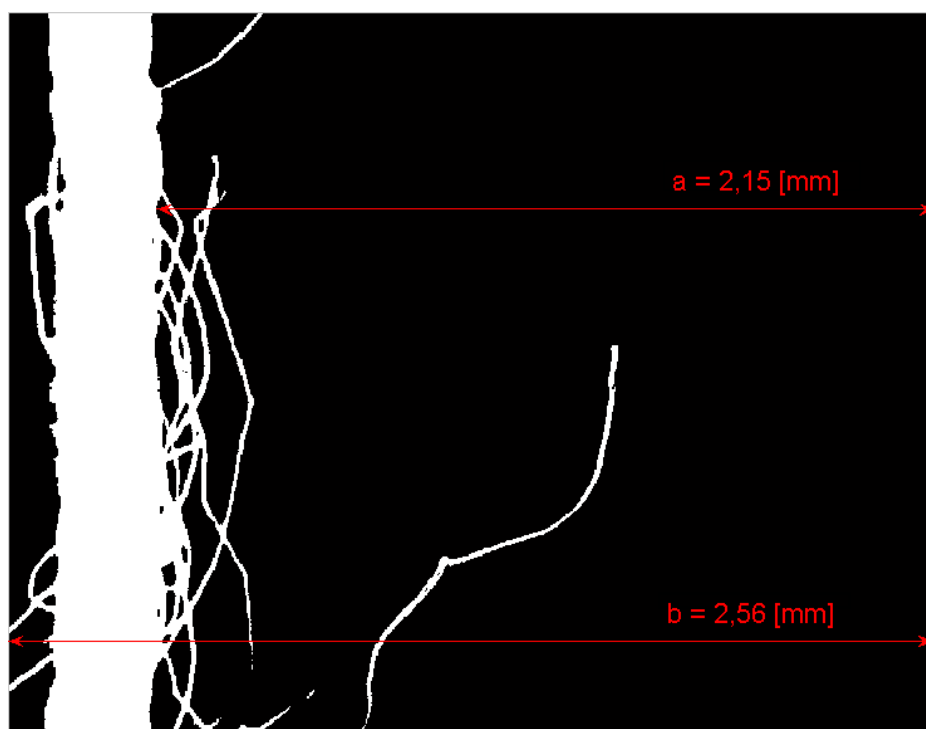


Obr. 7 Binární snímek prstencové přize o jemnosti $T = 20$ [tex] – METODA č.2

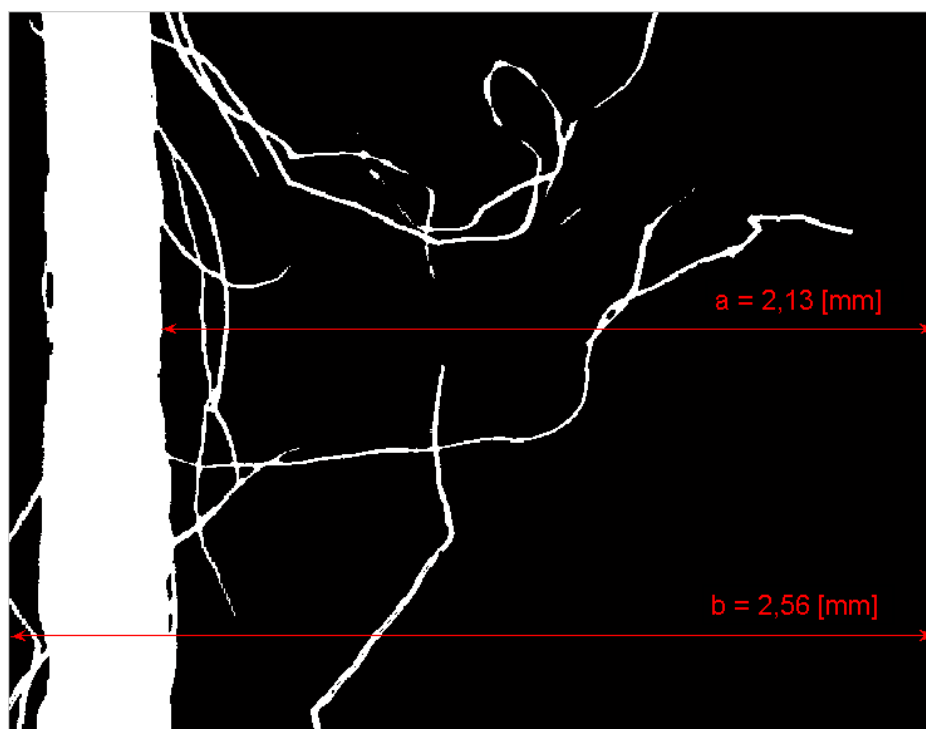


Obr. 8 Binární snímek prstencové přize o jemnosti $T = 45$ [tex] – METODA č.2

Příloha V

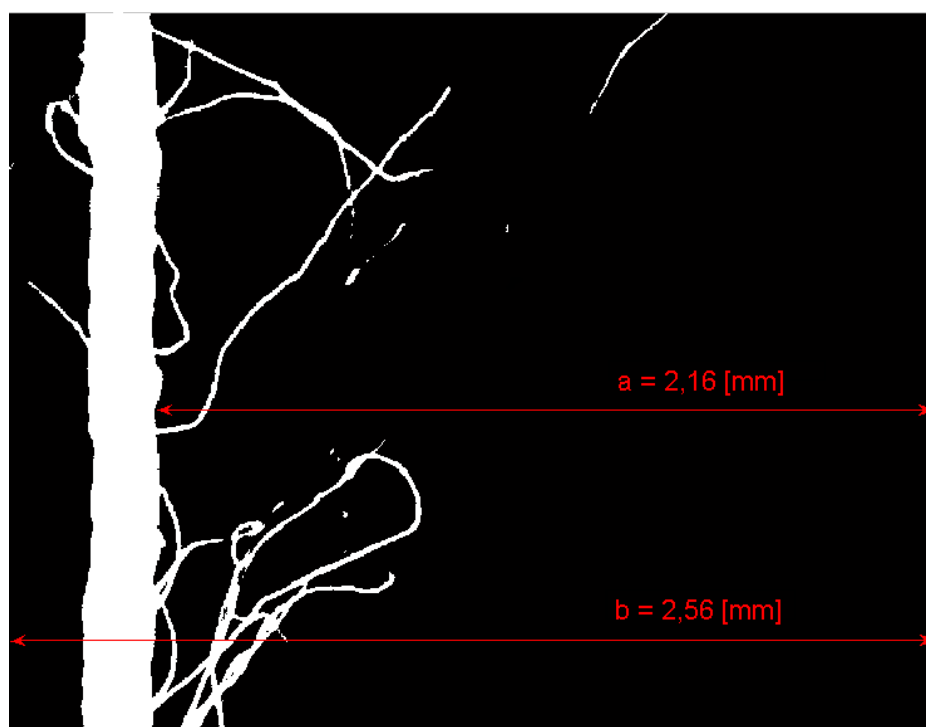


Obr. 9 Binární snímek kompaktní příze o jemnosti $T = 20$ [tex] – METODA č.3

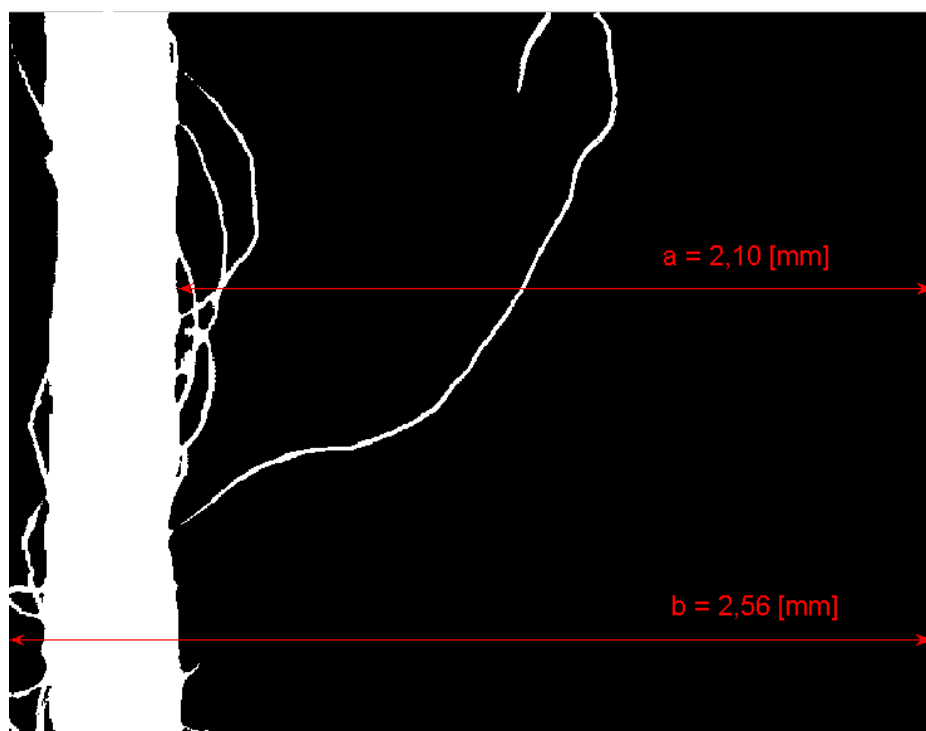


Obr. 10 Binární snímek kompaktní příze o jemnosti $T = 45$ [tex] – METODA č.3

Příloha VI

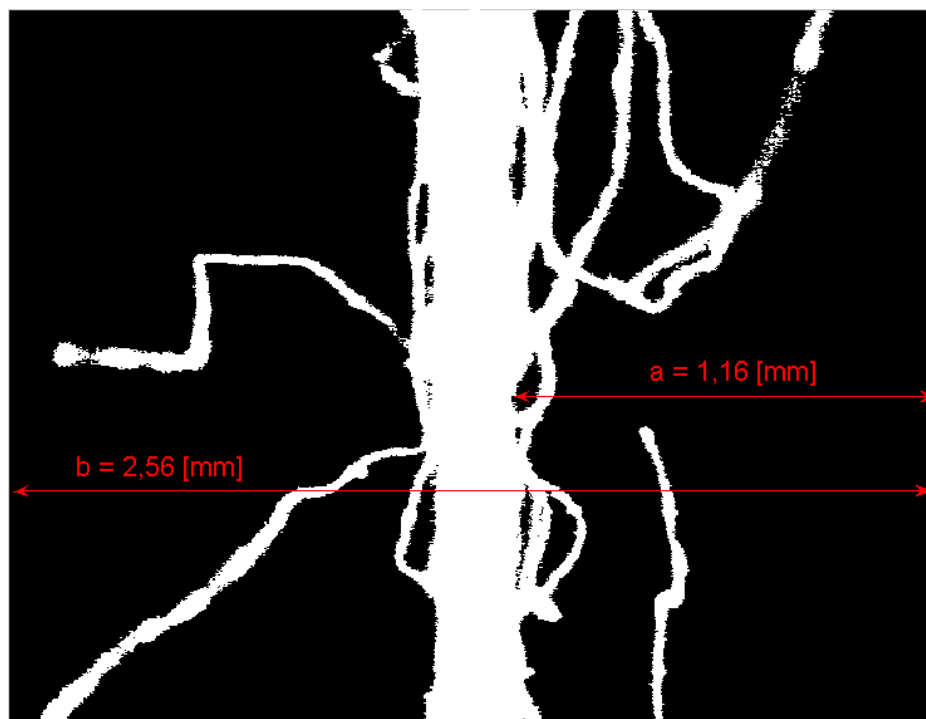


Obr. 11 Binární snímek prstencové příze o jemnosti $T = 20 \text{ [tex]}$ – **METODA č.3**

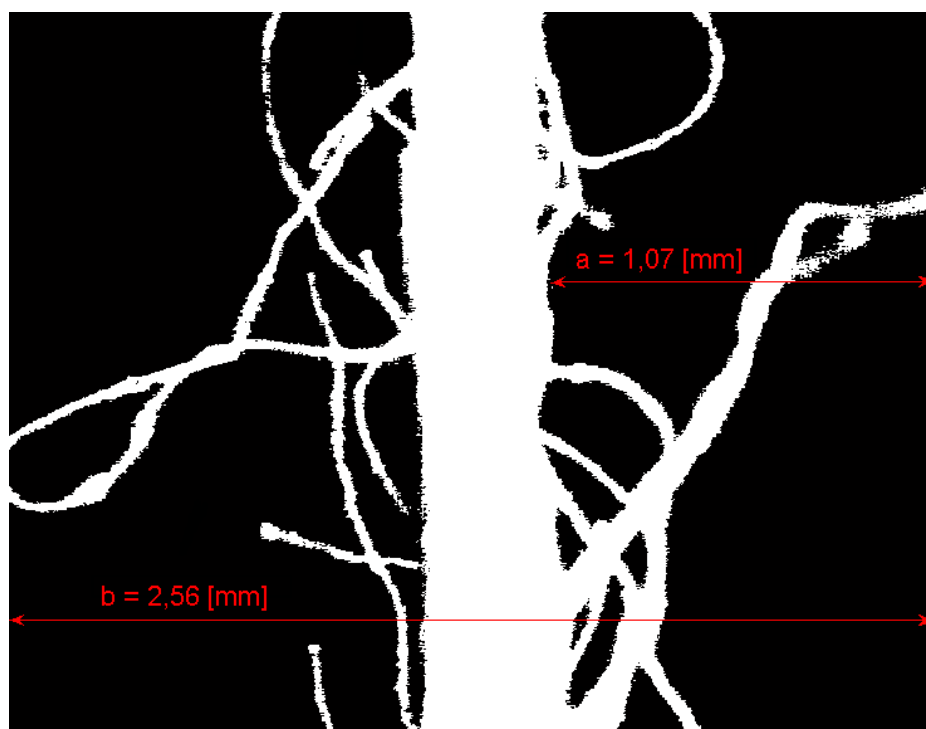


Obr. 12 Binární snímek prstencové příze o jemnosti $T = 45 \text{ [tex]}$ – **METODA č.3**

Příloha VII

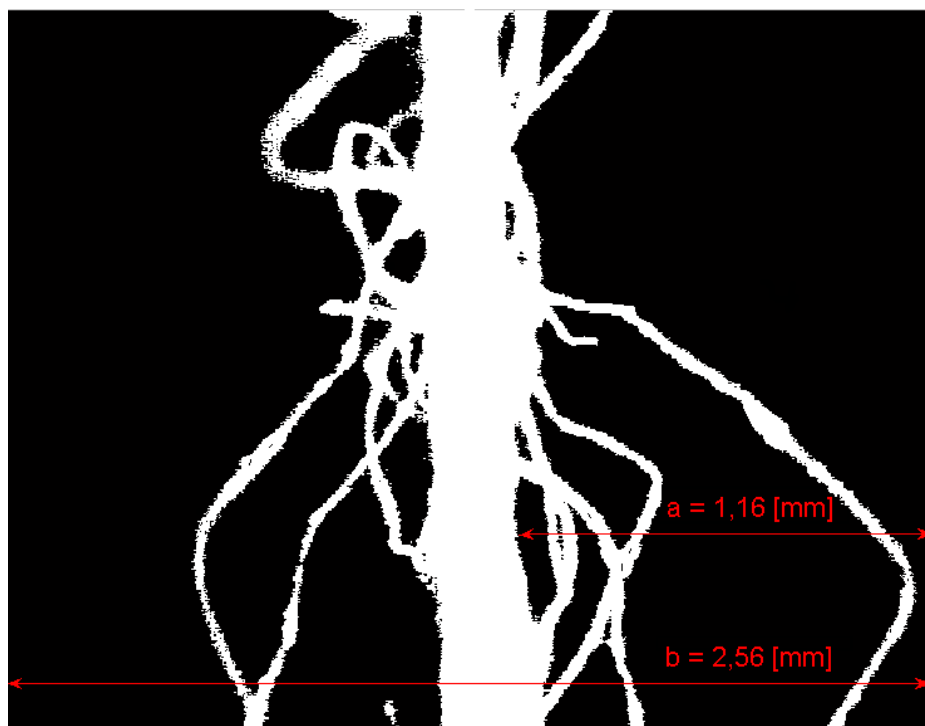


Obr. 13 Binární snímek kompaktní příze o jemnosti $T = 20 \text{ [tex]}$ – METODA č.4

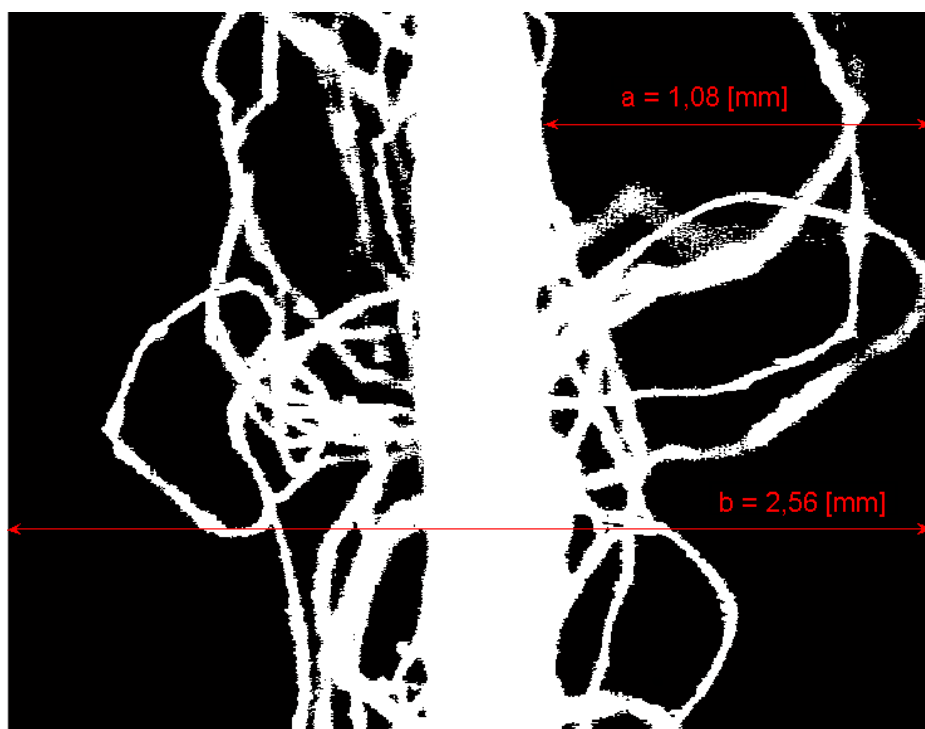


Obr. 14 Binární snímek kompaktní příze o jemnosti $T = 45 \text{ [tex]}$ – METODA č.4

Příloha VIII

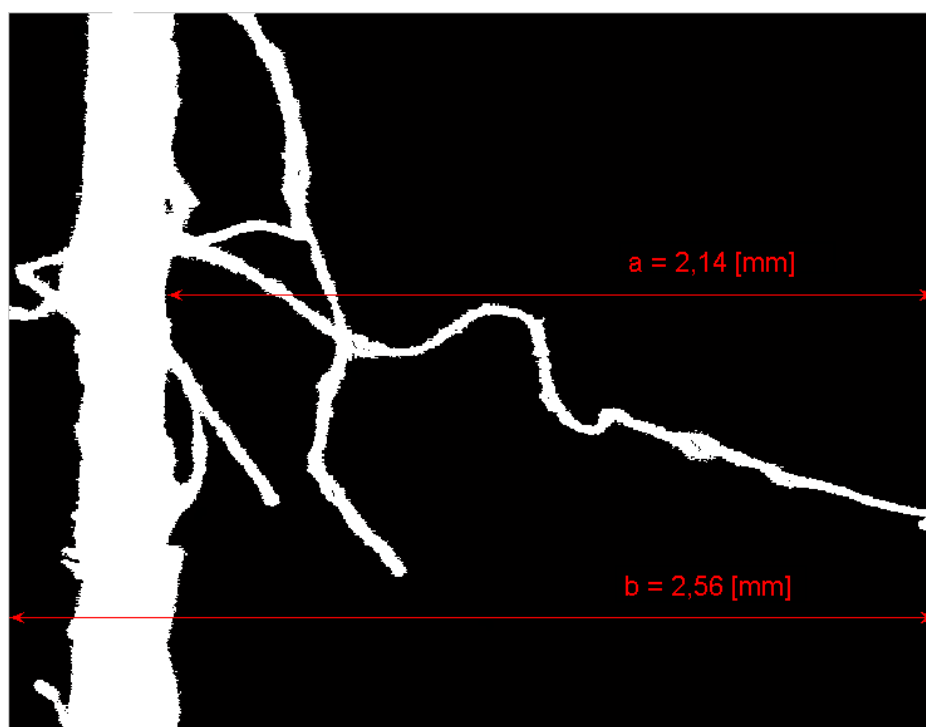


Obr. 15 Binární snímek prstencové příze o jemnosti $T = 20 \text{ [tex]}$ – METODA č.4

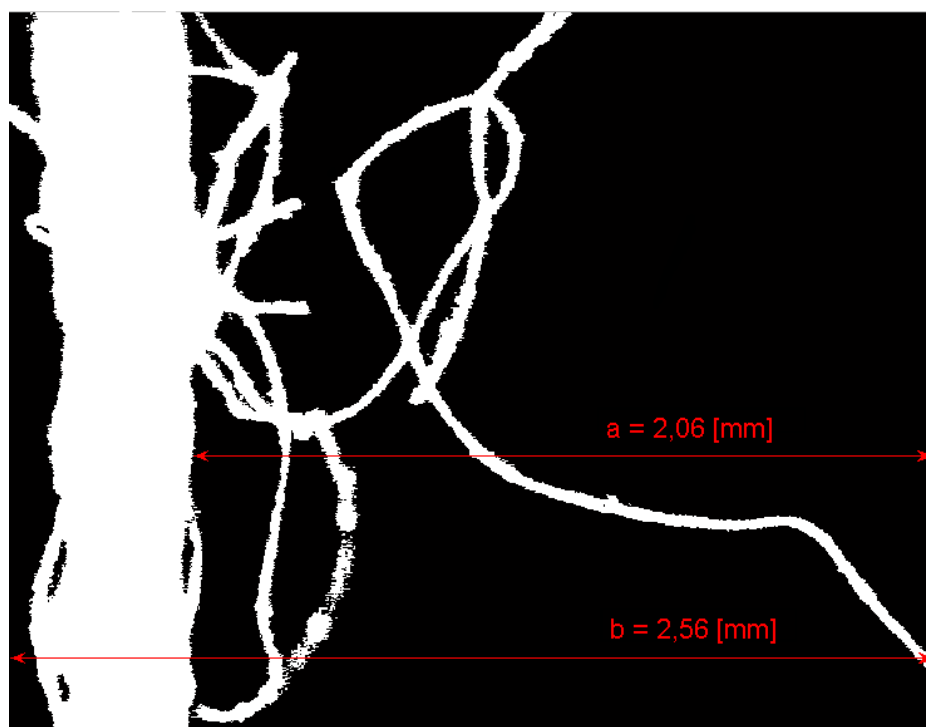


Obr. 16 Binární snímek prstencové příze o jemnosti $T = 45 \text{ [tex]}$ – METODA č.4

Příloha IX

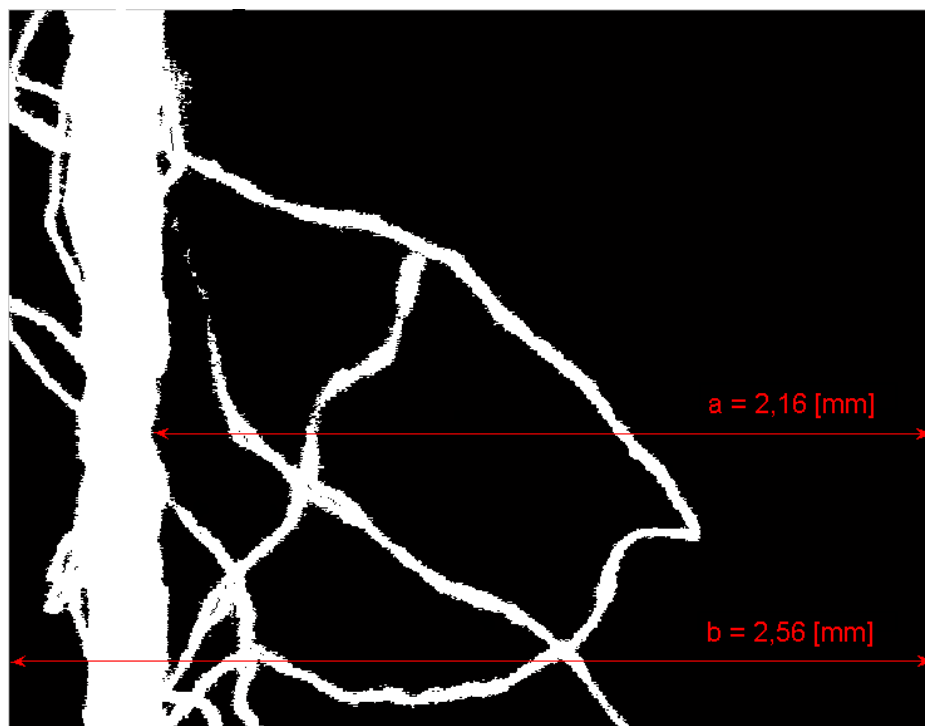


Obr. 17 Binární snímek kompaktní příze o jemnosti $T = 20 \text{ [tex]}$ – METODA č.5

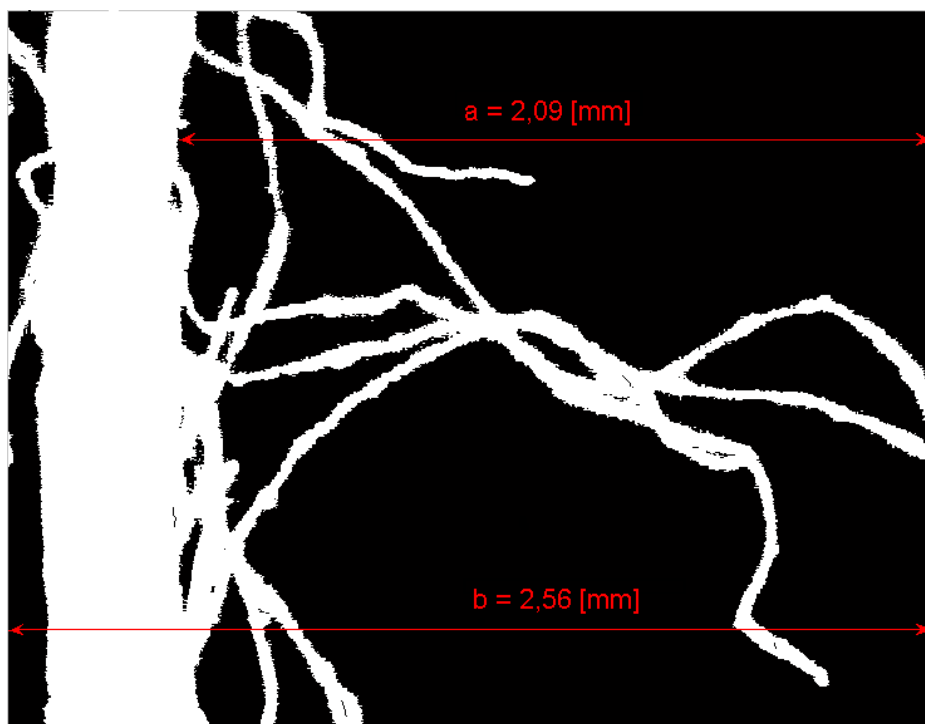


Obr. 18 Binární snímek kompaktní příze o jemnosti $T = 45 \text{ [tex]}$ – METODA č.5

Příloha X

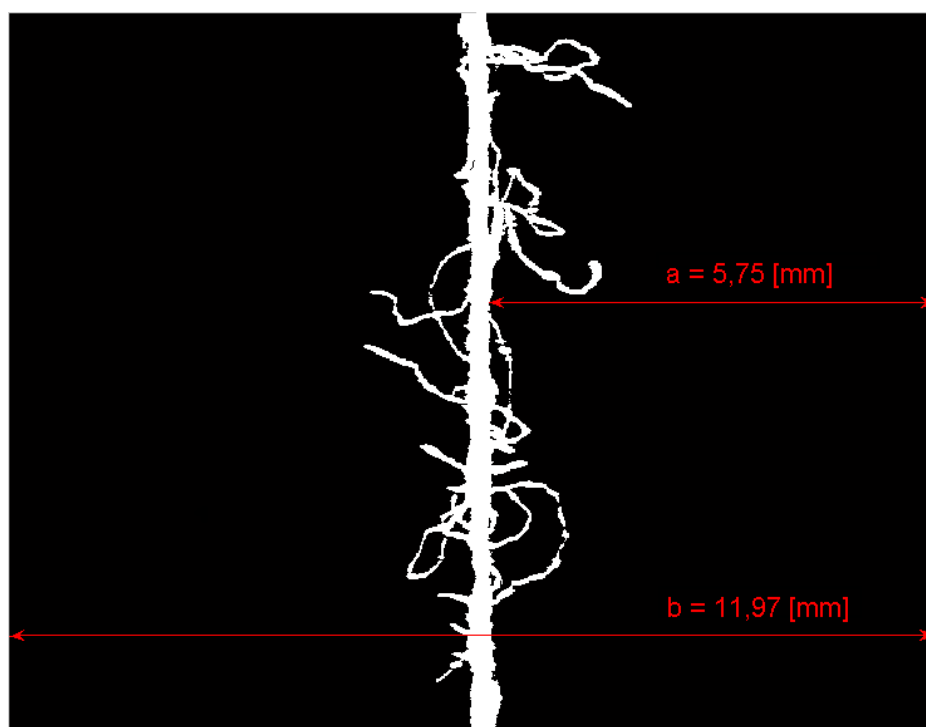


Obr. 19 Binární snímek prstencové příze o jemnosti $T = 20$ [tex] – METODA č.5

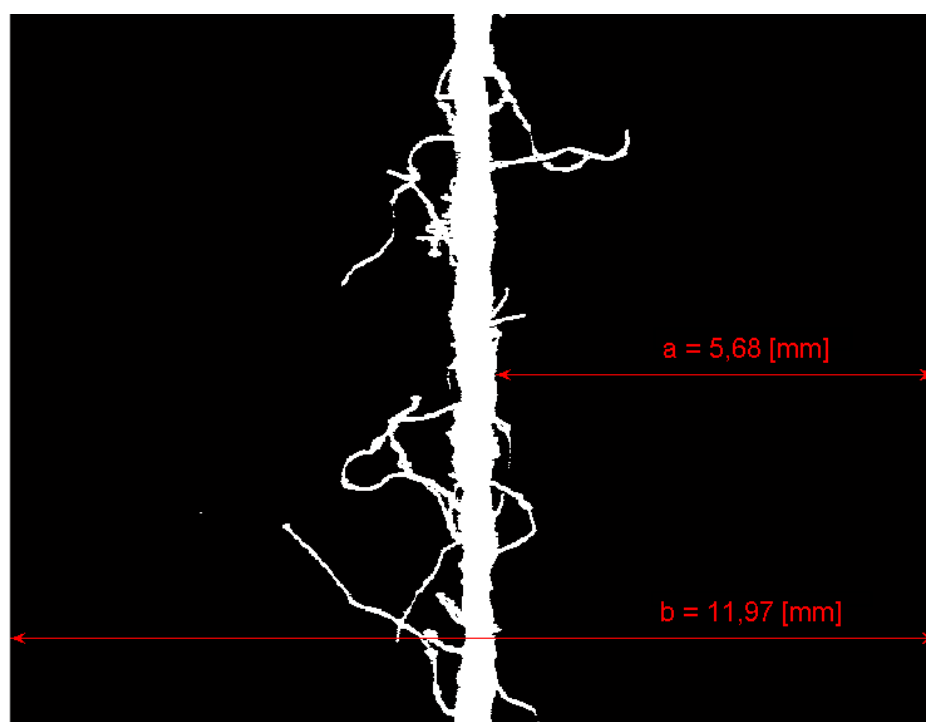


Obr. 20 Binární snímek prstencové příze o jemnosti $T = 45$ [tex] – METODA č.5

Příloha XI

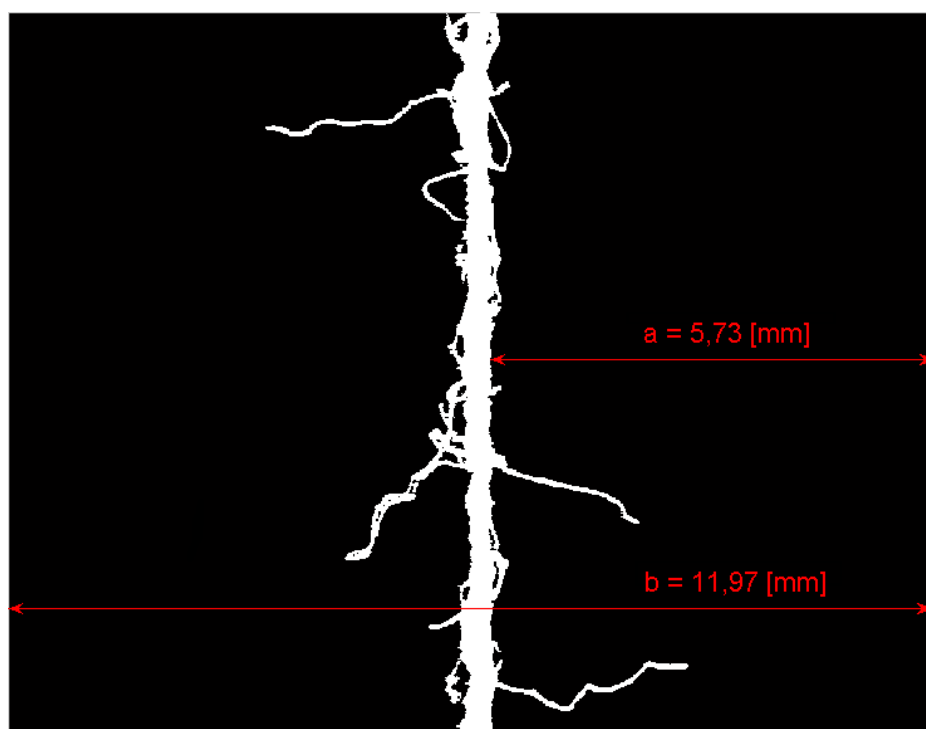


Obr. 21 Binární snímek kompaktní příze o jemnosti $T = 20$ [tex] – METODA č.6

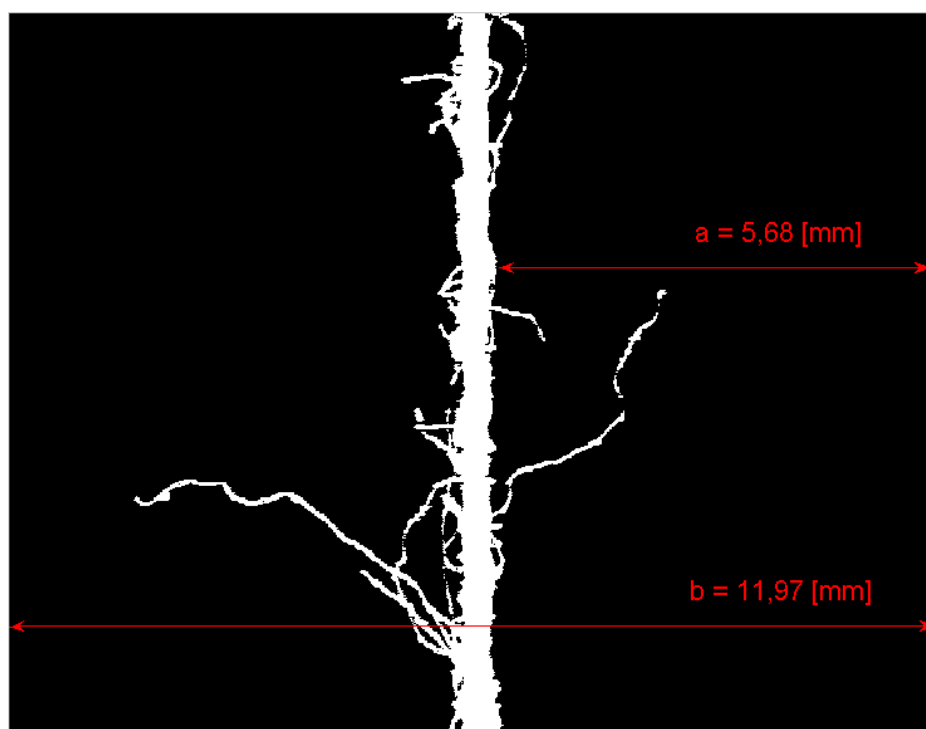


Obr. 22 Binární snímek kompaktní příze o jemnosti $T = 45$ [tex] – METODA č.6

Příloha XII



Obr. 23 Binární snímek prstencové příze o jemnosti $T = 20 \text{ [tex]}$ – METODA č.6



Obr. 24 Binární snímek prstencové příze o jemnosti $T = 45 \text{ [tex]}$ – METODA č.6